



Osmo Salonen

Palvelupisteverkoston optimointi kuluttajaliiketoiminnassa

Diplomityö, joka on jätetty opinnäytteenä tarkastettavaksi
diplomi-insinöörin tutkintoa varten.

Espoossa 26.9.2016

Valvoja: Dosentti, TkT Kai Zenger

Ohjaaja: DI, KTM Pekka Aarnisalo

Tekijä Osmo Salonen

Työn nimi Palvelupisteverkoston optimointi kuluttajaliiketoiminnassa

Koulutusohjelma Automaatio- ja systeemitekniikka

Pää-/sivuaine Automaatio- ja systeemitekniikka

Koodi AS3001

Työn valvoja Dosentti, TkT Kai Zenger

Työn ohjaaja DI, KTM Pekka Aarnisalo

Päivämäärä 26.9.2016

Sivumäärä 62

Kieli Suomi

Tiivistelmä

Tämä diplomityö keskittyy taloudellisesti kannattavimman palvelupisteverkoston löytämiseen kuluttajaliiketoiminnassa. Työ on tehty pakettiliiketoimintaa harjoittavalle logistiikkayritykselle ja sen fokus on verkkokauppojen kuluttajille lähettämässä paketeissa. Menetelmänä työssä käytetään systeemidynamiikkaa. Kirjallisuustutkimuksessa tarkastellaan systeemidynamiikan eroja muihin mallinnus- ja analyysimenetelmiin. Menetelmän avulla rakennettiin matemaattinen, pakettimarkkinaa kuvaava simulaatiomalli.

Tutkittava ongelma voidaan jakaa kolmeen osaan:

1. Pakettimarkkinan käytöstä ohjaavien päätössääntöjen löytäminen ja todentaminen,
2. matemaattisen mallin rakentaminen löydettyjen päätössääntöjen pohjalta ja
3. mallin hyödyntäminen palvelupisteverkoston optimointiongelman ratkaisemiseksi.

Mallia hyödynnettiin taloudellisesti optimaalisen palvelupisteverkoston tiheyden ja laadun etsimisessä. Menetelmän voidaan katsoa soveltuneen hyvin haasteen ratkaisemiseen. Lopputuloksena asiakkaalle toimitettiin uusi työkalu, jolla pystyttiin arvioimaan palvelupisteverkoston muutosten vaikutuksia taloudelliseen tulokseen, pakettivolyymeihin ja markkinaosuuteen. Työkalua hyödyntämällä löydetty optimaalinen palvelupisteverkosto vaikutti parhaimmillaan tuottavan noin 10% taloudellisen parannuksen alkuperäiseen verkostoon nähden.

Avainsanat Optimointi, pakettiliiketoiminta, mallinnus, kuluttajaliiketoiminta

Author Osmo Salonen

Title of thesis Optimizing customer service network in consumer services

Degree programme Automation and Control Engineering

Major/minor Automation and Control Engineering

Code AS3001

Thesis supervisor Docent, D.Sc. (tech) Kai Zenger

Thesis advisor M.Sc. (tech), M.Sc. (econ) Pekka Aarnisalo

Date 26.9.2016

Number of pages 62

Language Finnish

Abstract

This thesis focuses on finding the economically most viable service point network in consumer business. The work has been done to a logistics company, and its focus is on the parcel market generated by online shopping. The method used in the research and modelling is system dynamics. The literature study examines the differences of system dynamics and other analytical methods. In order to solve the research problem, a mathematical simulation model that describes the parcel market was built.

The research problem could be divided into three parts:

1. Finding and validating the decision making rules that produce the observed behaviour in the market,
2. building a mathematical model based on the decision making rules and
3. utilizing the model to solve the service point network optimization problem.

The model was then utilized in the search for economically optimal service point network density and quality. The system dynamics method could be considered well suited for this challenge. As a final result, a new tool was presented to the client with which it was possible to assess the impact of changes in service point network to the company's financial performance, package volumes and market share. According to the model, the found optimal service point network produced a 10% increase in company's economical result in comparison with the original network.

Keywords Optimization, logistics, modeling, consumer services

Alkusanat

Tämän diplomityön taustalla tehty tutkimus ja kirjoittaminen ovat olleet erittäin mielenkiintoisia ja haastavia. Haluan kiittää Yritystä, jolle työ tehtiin ja myös Systems Thinking Europe Oy:tä, joka mahdollisti diplomityön kirjoittamisen asiakasprojektistaan.

Haluan kiittää tämän työn syntyä edesauttaneita henkilöitä. Haluan erityisesti kiittää Systems Thinking Europe Oy:n Markku Perkolaa. Ilman hänen apuaan, kokemustaan ja tukeaan tämä projekti ei olisi onnistunut. Lisäksi haluan tietysti kiittää myös tämän työn ohjaajaa Pekka Aarnisaloa. Haluan lämpimästi kiittää myös tämän työn valvojaa, dosentti Kai Zengeriä, kärsivällisyydestä ja hyvistä neuvoista.

Viimeiset ja suurimmat kiitokset menevät kuitenkin kotijoukoilleni kahteen osoitteeseen: Vanhempiani haluan kiittää kannustuksesta, muusta tuesta ja lapsieni hoitamisesta sekä tietysti viimeisestä hieman yli kolmestakymmenestä vuodesta. Vaimoani Laura Noresta haluan kiittää monista hyvistä keskusteluista, joissa käskit minua tekemään työn jo valmiiksi. Lapsiani Sonjaa ja Samia haluan kiittää lukemattomista keskeytyksistä, joita ilman elämä olisi paljon tyhjempää. Te kaikki teitte tästä työstä mahdollisen ja olen siitä paitsi kiitollinen, niin myös erittäin onnellinen.

Espoo, 26.9.2016

Osmo Salonen

Sisällysluettelo

Tiivistelmä

Abstract

Alkusanat

Sisällysluettelo

1	Johdanto	1
1.1	Tausta	1
1.2	Tutkittava ongelma	1
1.3	Työn tavoitteet	2
1.4	Työn laajuus	2
1.5	Luottamuksellisen tiedon käsittely	2
1.6	Työn rakenne	3
2	Mallinnusmenetelmä	4
2.1	Miten systeemidynamiikka eroaa muista menetelmistä	6
2.1.1	Onnistuminen edellyttää datan suurta saatavuutta	6
2.1.2	Epälineaarisuuksia ei kyetä ottamaan huomioon	7
2.1.3	Informaation köyhyys käytetyssä datassa	9
2.1.4	Vaikeus saada mallille ja tuloksille laajempaa hyväksyntää	10
2.1.5	Asiantuntijoiden ja historiallisen datan rooli	10
2.2	Mallin hyvyyden arviointi	12
2.3	Vensim-ohjelmisto	14
3	Pakettimarkkina	16
3.1	Pakettituotteet	16
3.2	Sidosryhmät	18
3.2.1	Kuluttajat	18
3.2.2	Verkkokaupat	23
3.2.3	Kilpailijat	24
3.3	Yrityksen toimien vaikutus	24
3.3.1	Palvelupisteverkosto	24
3.3.2	Hinnoittelu	25
3.3.3	Yrityksen brändi	27
3.3.4	Markkinointi	27
3.4	Yrityksen talous	27
3.5	Saatavilla oleva data	29
4	Malli	31
4.1	Mallin osa-alueet	32
4.1.1	Pakettivirran lähde	32
4.1.2	Pakettivirrat kotimarkkinalta ja sen ulkopuolelta	35
4.1.3	Pakettien jakaantuminen eri kuljetusyritysten verkkoihin	37
4.1.4	Palvelupisteverkoston toiminta	38
4.1.5	Kuljetusyritysten brändi ja markkinointi	39
4.1.6	Yrityksen liikevaihto ja kustannukset	40
4.1.7	Optimoinnin hallinta ja muut syöttömuuttujat	41
4.2	Keskeiset takaisinkytkennät ja vipuvarsikohdat	41
4.3	Mallin parametrit	42
4.4	Mallin hyvyyden ja pätevyysalueen arviointi	43

4.4.1	Mallin numeeriset ja visuaaliset hyvyyden mittarit	44
4.4.2	Mallin käytännönläheisyys.....	47
4.4.3	Mallin virheettömyys	49
4.5	Laajuus	49
5	Optimointi ja tulokset.....	50
5.1	Optimoinnin toteuttaminen.....	50
5.1.1	Optimointialgoritmi	51
5.1.2	Optimoinnin aikahorisontti	52
5.1.3	Optimoinnin kustannusfunktio.....	52
5.1.4	Ohjausmuuttujat	53
5.2	Skenaariot.....	54
5.3	Optimoinnin tulokset	55
5.4	Suosituksset.....	59
6	Yhteenveto ja johtopäätökset	61
	Lähdeluettelo.....	63

1 Johdanto

1.1 Tausta

Tehokas palvelupisteverkosto on keskeisessä asemassa niin verkostoa operoivan yrityksen kuin verkkokauppojen ja verkkokauppoja käyttävien kuluttajien näkökulmasta. Verkkokauppa on kasvanut nopeasti vuoden 2009 jälkeen ja tämä on johtanut pakettimäärien voimakkaaseen kasvuun. Kuitenkin kilpailu alalla on kovaa ja katteet ovat suhteellisen matalia. Eräs pakettimarkkinalla toimiva yritys oli juuri perustanut uudentyyppisen pakettien nouto- ja lähetyspisteen ja halusi tietää kuinka paljon näitä ja muita palvelupisteitä markkina-alueella kannattaisi olla. Tätä tarkoitusta varten yritys halusi rakentaa uuden optimointityökalun palvelupisteverkostonsa kehittämisen tueksi ja tilasi työn Systems Thinking Europe Oy:ltä (jatkossa ”STE”).

1.2 Tutkittava ongelma

Liiketoiminnassa joudutaan jatkuvasti tekemään päätöksiä ja toimenpiteitä, jotka vaikuttavat oman yrityksen ja markkinan käyttöön tulevaisuudessa. Monissa tapauksissa toimenpiteiden lopputulos ei ole sitä mitä suunniteltaessa toivottiin tai niiden seurauksena syntyy muita yllättäviä ja usein epätoivottuja sivuvaikutuksia. Useimmissa tilanteissa ei ole taloudellisista tai muista syistä mahdollista kokeilla erilaisten toimenpiteiden lopputulemia käytännössä. Tätä ongelmaa voidaan pyrkiä ratkaisemaan hyödyntämällä matemaattista mallinnusta. Systeemin toiminta, jonka käytöstä pyritään ymmärtämään, kuvataan matemaattisena mallina. Tämän jälkeen voidaan mallia hyödyntämällä tutkia eri toimenpiteiden vaikutuksia systeemiin ja etsiä parhaimman lopputuleman tuottamat toimenpiteet todellista toteuttamista varten. Toisin sanoen mallia hyödynnetään toimenpiteiden optimointiin.

Tutkittava ongelma voidaan jakaa kolmeen osaan:

1. Pakettimarkkinan käytöstä ohjaavien päätössääntöjen löytäminen ja todentaminen,
2. matemaattisen mallin rakentaminen löydettyjen päätössääntöjen pohjalta ja
3. mallin hyödyntäminen optimointiongelman ratkaisemiseksi.

1.3 Työn tavoitteet

Asiakkaan tavoitteet voitiin jakaa kolmeen osaan. Ensimmäisenä osana oli tukea pakettimarkkinan volyymin kasvu tulevaisuudessakin tukemalla verkkokaupan kehittymistä riittävän tiheällä ja korkealaatuisella palvelupisteverkostolla. Toisena osana oli kehittää asiakkaan omaa kilpailukykyä suhteessa samalla markkinalla toimiviin kilpailijoihin ja sitä kautta varmistaa vahva markkinaosuus ja pakettivolyymien kasvu omassa verkostossa. Kolmantena osana oli saavuttaa ensimmäisen ja toisen osan tavoitteet mahdollisimman kustannustehokkaasti. Asiakkaan asettamat tavoitteet pyrittiin saavuttamaan kehittämällä uusi pakettimarkkinaa kuvaava matemaattinen malli, jolla voisi optimoida palvelupisteverkoston kannattavuutta 10 vuoden aikahorisontilla.

1.4 Työn laajuus

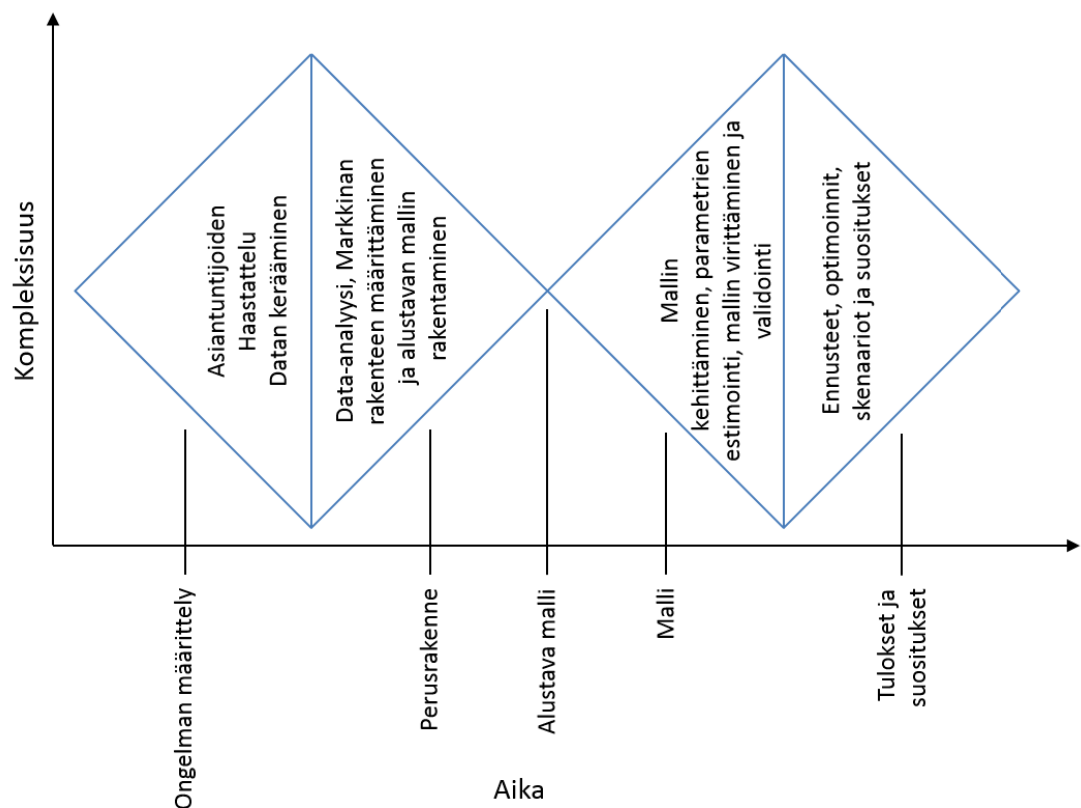
Työ keskittyy pakettimarkkinan ja siihen liittyvien sidosryhmien käytöksen ymmärtämiseen ja mallintamiseen tietyllä markkina-alueella. Kuten Sterman (2000) suosittelee systeemin käytöksen kannalta oleelliset tekijät pyrittiin mallintamaan ja saaman siten mallin rajojen sisäpuolelle. Käytettävissä olevan ajan ja datan puitteissa kaikkia tärkeitä tekijöitä ei ollut mahdollista mallintaa. Esimerkiksi kuluttajien ostotottumusten muutokset mallinnettiin, mutta kilpailevan yrityksen päätöksiä tai bruttokansantuotteen kehitystä ei mallinnettu. Mallin rajojen ulkopuolelle jäävät tekijät huomioitiin skenaarioina.

1.5 Luottamuksellisen tiedon käsittely

Työn tilanteen yrityksen toiveesta yrityksen nimeä tai markkina-aluetta ei mainita tässä raportissa. Yritykseen viitataan tässä raportissa jatkossa vain nimellä ”Yritys”. Yritystä koskevia luottamuksellisia lukuja näytetään vain siltä osin, kuin raportin rakenne sitä edellyttää. Näissä tapauksissa data on indeksoitu eikä muuttujien nimiä tai yksiköitä välttämättä näytetä täydessä laajuudessa. Käytetyn historiallisen datan lähde on Yritys ellei toisin mainita.

1.6 Työn rakenne

Tämä opinnäytetyö on jaettu kuuteen lukuun. Ensimmäinen luku on johdanto. Toisessa luvussa kerrotaan käytetystä menetelmästä ja työkaluista. Luku perustuu lähinnä kirjallisiin lähteisiin STE:n kokemukseen systeemidynamiikan soveltamisesta. Luvussa kolme tarkastellaan pakettimarkkinan toimintaa. Perustuen asiantuntijoilta haastattelemalla saatuun tietoon ja historialliseen dataan muodostetaan kuvaa markkinan eri osapuolten päätöksentekosäännöistä ja markkinan dynamiikasta. Tuloksia selitetään kausaalidiagrammien ja aikasarjagraafien avulla. Kausaalidiagrammit muodostavat myös keskeisen osan itse mallista. Luvussa neljä tarkastellaan varsinaista mallia, sen hyvyttä ja mallinnukseen liittyneitä kysymyksiä. Mallin rakennetta pyritään kuvaamaan siinä laajuudessa kuin se tämän raportin puitteissa on mahdollista. Luvussa viisi käsitellään mallin avulla tuotettuja ennusteita ja optimoinnin tuloksia. Kuudes ja viimeinen luku sisältää yhteenvedon ja johtopäätökset. Työn sisällön on tarkoitus antaa yleiskuva mallinnusprojektin kulusta kokonaisuudessaan (katso kuva 1.1).

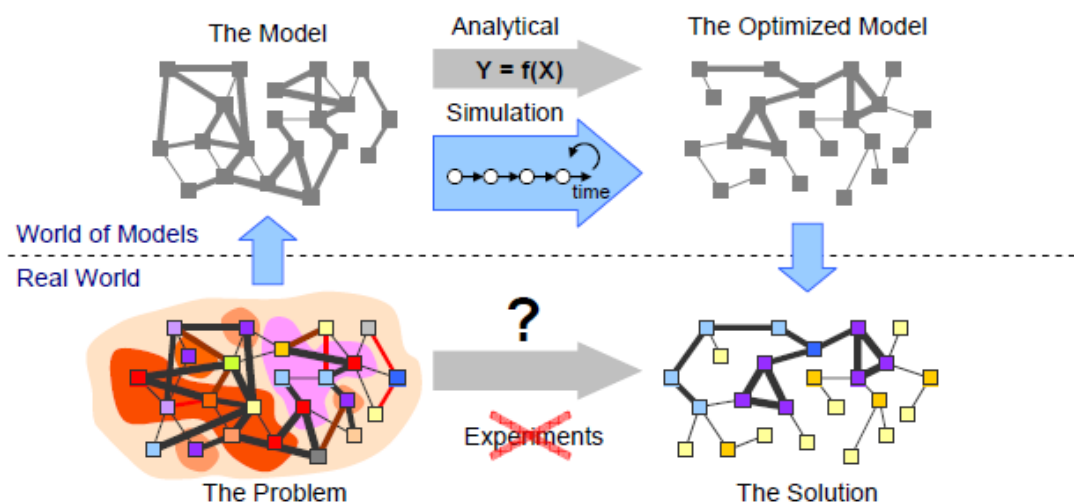


Kuva 1.1. STE:n ongelmanratkaisuprosessin vaiheet.

2 Mallinnusmenetelmä

Tässä luvussa esitellään käytettyä mallinnusmenetelmää, käydään läpi joitakin sen eroja muihin mallinnusmenetelmiin ja lopuksi perehdytään suositeltuihin tapoihin arvioida mallin suorituskykyä ja hyvyyttä.

Mallintaminen on keino, jolla voidaan ratkaista todellisen maailman haasteita. Sitä voidaan käyttää kun ratkaisumahdollisuuksien testaaminen on joko liian kallista tai muista syistä mahdotonta. Mallintamalla on mahdollista optimoida järjestelmiä ennen niiden implementointia. Tässä lähestymistavassa todellisen maailman ongelma pyritään kuvaamaan korkeammalla abstraktion tasolla, jossa ongelma voidaan ratkaista joko analyttisesti tai simuloimalla. Monissa tilanteissa analyttisen ratkaisun löytäminen on joko äärimmäisen vaikeaa tai mahdotonta. Näissä tapauksissa ongelma pyritään ratkaisemaan dynaamisilla, numeeriseen laskentaan perustuvilla simulaatiomalleilla. Kun ratkaisu korkealla abstraktion tasolla on löydetty, se siirretään takaisin todellisen maailman ratkaisuksi (katso kuva 2.1). (Borshchev & Filippov 2004).



Kuva 2.1. Ongelman siirtäminen korkealle abstraktion tasolle, ratkaiseminen ja ratkaisun siirtäminen takaisin todelliseen, käytännön maailman tasolle. (Borshchev ja Filippov 2004).

Menetelmänä työn toteuttamisessa käytettiin systeemidynamiikkaa. Systeemidynamiikka on alun perin Massachusettes Institute of Technologyn (MIT) Sloan School of Managementin kehittämä menetelmä. Siinä sovelletaan säätö- ja systeemiteorian matematiikkaa taloudellisten ja sosioekonomisten ongelmien ratkaisemiseksi. Sitä on menestyksekkäästi sovellettu useiden eri tyyppisten liiketaloudellisten systeemien mallintamisessa (Stermán 2000). Lyneis:n mukaan systeemidynamiikkaa hyödyntämällä on mahdollista tuottaa tilastollisia menetelmiä parempia ennusteita lyhyellä ja keskipitkällä aikavälillä. (Lyneis 2000). Toisaalta Forresterin mukaan menetelmä soveltuu parhaiten tehokkaiden toimintatapojen ja rakenteiden etsimiseen. (Forrester 2003). Hänen mukaansa tulevaisuuden ennustaminen sellaisenaan pitää sisällään liian suuria epävarmuuksia ollakseen käytännössä hyödyllinen, mutta systeemin käyttäytymisen ennustamiseen menetelmä sopii hyvin. Tässä työssä tarkoituksena oli etsiä tehokkain palvelupisteverkosto eli etsiä systeemin rakenne, joka tuottaa halutun tyyppisen käytöksen.

Systeemidynamiikka käsittelee sitä, miten monimutkaisten systeemien tila ja toiminta muuttuvat ajassa. Systeemien dynaamista rakennetta tarkastellaan kausaalisten syy-seurausketjujen avulla. Ketjut, jotka muodostavat takaisinkytkentöjä ovat keskeisessä asemassa systeemin käytöksen kannalta. Toisin kuin monet muut lähestymistavat tekniikassa ja taloudellisessa tutkimuksessa, joissa maailmaa pyritään hahmottamaan pilkkomalla se pieniin ymmärrettäviin paloihin, systeemidynamiikka keskittyy kokonaisuuden toiminnan ymmärtämiseen. Keskeisenä konseptina on ymmärtää miten systeemin eri toimijat vaikuttavat toisiinsa ja miten nämä vaikutukset muuttuvat systeemin tilan muuttuessa. Systeemi voi olla mikä tahansa polttomoottorista tai organismin elimistöstä poliittiseen järjestelmään tai pakettimarkkinaan.

Systeemidynamiikassa pyritään yhdistämään pitkän käytännön kokemuksen omaavien asiantuntijoiden tieto ja data-analyysi (Ford & Sterman 1998). Asiantuntijoiden tieto saadaan esimerkiksi haastatteleamalla alalla pitkään työskennelleitä henkilöitä. Asiantuntijoiden mielipiteet voivat olla totta tai ne saattavat olla uskomuksia, jotka eivät pidä paikkaansa. Saadut mielipiteet todennetaan historiallisen datan ja data-analyysin avulla. Todeksi osoittautuneet mielipiteet otetaan osaksi rakennettavaa mallia ja vääriksi todetut jätetään huomiotta. STE:n kokemuksen mukaan asiakkaat saattavat pitää mielipiteiden todentamista ja väärin uskomusten löytämistä erittäin arvokkaana tuloksena.

Asiantuntijoiden tiedon huomioiminen antaa mahdollisuuden ottaa malliin mukaan muuttujia, joista ei ole olemassa dataa tai data on muutoin laadultaan riittämätöntä. Se antaa myös hyvät mahdollisuudet huomioida todellisissa järjestelmissä esiintyviä käytännön rajoitteita ja epälineaarisuuksia, joita on usein vaikea havaita pelkän data-analyysin avulla.

2.1 Miten systeemidynamiikka eroaa muista menetelmistä

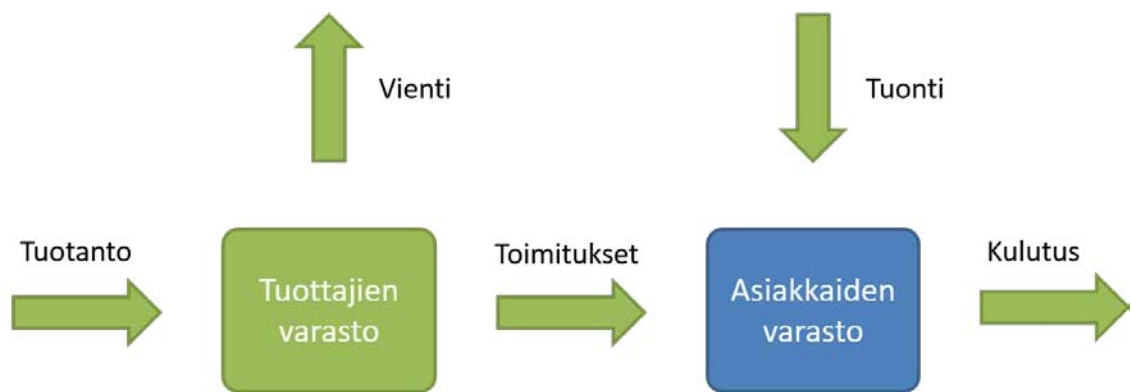
STE:n kokemuksen perusteella yritykset käyttävät usein tilastollisia tai aikasarjamalleja liiketoimintaansa liittyvien haasteiden ratkaisemiseen. (Perkola 2010). Monissa käytännön systeemeissä on kuitenkin ominaisuuksia, joita em. perinteisillä mallinnustavoilla on vaikea ottaa huomioon menetelmistä aiheutuvien rajoitusten vuoksi. Tässä kappaleessa käydään STE:n havaintojen pohjalta läpi sitä mitä nämä rajoitteet tarkoittavat ja miten niiden yli voidaan systeemidynamiikkaa hyödyntämällä päästä.

Vaikeus kuvata monimutkaisia markkinoita tilastollisilla, mustanlaatikon tai dataan pohjautuvilla malleilla aiheutuu suurelta osin neljästä lähteestä.

1. Onnistuminen edellyttää suurta datan saatavuutta
2. Epälineaarisuuksia ei kyetä ottamaan huomioon
3. Informaation köyhyys käytetyssä datassa
4. Vaikeus saada mallille ja tuloksille laajempaa hyväksyntää

2.1.1 Onnistuminen edellyttää datan suurta saatavuutta

Jotta malli edustaisi kuvattavaa systeemiä riittävällä tasolla, on sen kyettävä ottamaan huomioon kaikki todellisen systeemin keskeiset muuttujat. Hyvin usein käy kuitenkin niin, että kaikista tärkeiksi arvioiduista muuttujista ei ole saatavilla numeerista dataa. Tämä johtaa tyypillisesti siihen, että datan puuttuessa muuttujaa ei kyetä huomioimaan ja se jätetään pois mallista. Näiden muuttujien pois jättäminen on sama kuin toteaisi, että niiden vaikutus on nolla. Se on luultavasti ainoa arvo jonka tiedetään olevan väärä. (Forrester 1961). Mikäli suoraan mitattua dataa ei joistakin muuttujista ole saatavilla, se pyritään estimoimaan niiden muuttujien avulla, joista dataa on käytettävissä (katso kuva 2.2).



Kuva 2.2. Tyypillinen hyödyketeollisuuden virtauskaavio. Asiakkaiden varastosta on harvoin saatavilla luotettavaa dataa ja sen taso joudutaan kullakin hetkellä estimoimaan siihen vaikuttavien virtausten avulla. Massataseen on pädetävä kaikilla ajanhetkillä, koska materiaa ei katoa eikä ilmesty tyhjästä. Sama pätee informaatiotaseeseen kuten esimerkiksi tilauskantaan.

Jos puuttuvaa dataa ei pystytä estimoimaan muun tunnetun datan avulla, käytetään asian-
tuntijoiden arviota. Tässäkin tapauksessa muuta dataa hyödynnetään epäsuorasti, koska
mallin tuottama käytös ei saa olla ristiriidassa historiallisen datan kanssa niiltä osin kuin
historiallista dataa on saatavilla.

2.1.2 Epälineaarisuuksia ei kyetä ottamaan huomioon

Epälineaarisuuksien luonne ja käyttäytyminen on kyettävä kuvaamaan oikein. Tyypillisiä
epälineaarisuuksien lähteitä ovat liiketoimintaympäristössä esiintyvät lukuisat rajoitteet,
epäsymmetriset piirteet, epäjatkuvuudet ja matemaattiset epälineaarisuudet.

Rajoitteet ovat usein luonteeltaan sellaisia, että aktiivisina ne ajavat täysin rajoitettua sys-
teemin osaa ja passiivisina niillä ei ole mitään vaikutusta. Rajoitteita ovat mm.:

- Tehtaan tuotantokapasiteetti asettaa suurimman mahdollisen tuotannon. Tuotan-
toa ei voida nostaa tätä korkeammalle ilman investointia uuteen kapasiteettiin.
- Tuotteen tuotantokustannukset asettavat matalimman hinnan tuotteelle. Käytän-
nössä yksikään yritys ei pidä laitoksiaan käynnissä kassavirran ollessa negatiivi-
nen.

- Substituuttituotteen hinta rajoittaa hinnoittelua ja tilauksia. Mikäli korvaava tuote on merkittävästi edullisempi, asiakkaat siirtyvät käyttämään sitä.
- Varaston matala taso rajoittaa toimituksia. Mikäli varasto on tyhjä, ei toimituksia voida tehdä.
- Varaston fyysinen koko rajoittaa tuotantoa. Tehtaan varaston ollessa täynnä ei tuotantoa voida jatkaa.
- Loppukäyttäjien resurssit rajoittavat tilauksia.

Toisin kuin perinteiset talousteoriat olettavat, STE:n kokemuksen perusteella ihmiset toimivat epäsymmetrisesti riippuen siitä näyttääkö tilanne hyvältä vai ei – tehdäänkö voittoa vai tappiota. Myös behavioristinen taloustiede tukee tätä havaintoa. (Kahneman 2011). Epäsymmetrisiä piirteitä ovat mm.:

- Hyödykkeen hinta käyttäytyy erilailla hinnan ollessa nousussa ja laskussa.
- Tuotannon kasvattaminen on nopeaa, koska se mielletään hyväksi asiaksi. Toisaalta tuotannon vähentäminen on usein hitaampaa, koska se mielletään liiketoiminnan kannalta huonoksi asiaksi.
- Matala varaston taso aiheuttaa paniikkireaktion ja korkea varasto aiheuttaa turhautumista.
- Uuteen tuotantokapasiteettiin investoiminen nähdään helppona päätöksenä ja tehdään sulkeminen vaikeana.

Liiketoiminnan päätöksenteossa on STE:n kokemuksen perusteella usein havaittavissa monia epäjatkuvuuksia. Vaikuttaa siltä, että päättäjien havainnot markkinoista tai maailmasta eivät ole lineaarisia vaan diskreettejä. Usein voidaan havaita, että päätöksentekijöillä on kaksi tai kolme kuvaa markkinan tilasta; hyvä ja huono, tai hyvä, neutraali ja huono. Ehkä konkreettisin indikaattori markkinan tilasta on tuotteiden hinnan trendi. Hinnan nousu on seurausta siitä, että tuottajilla on vahvempi asema hintaneuvotteluissa. Tämä koettu vahvempi asema on usein seurausta esimerkiksi siitä, että tuottajien varasto on hyvin matala ja tuotetta ei riitä kaikille halukkaille ostajille. Vastaavasti varaston ollessa korkea tuottajien asema hintaneuvotteluissa on epävarmempi, ja asiakkaille annetaan alennuksia, mikä johtaa hinnan laskuun markkinalla.

Matemaattiset epälineaarisuudet syntyvät mm. yhtälöistä joissa tarvitaan juuria, potensseja tai muita epälineaarisia funktioita. Esimerkki käytännöstä syntyvästä matemaattisesta epälineaarisuudesta on:

$$Tuotanto = MAX(MIN(Käyntiaste, 1), 0) * Kapasiteetti \quad (2.1)$$

2.1.3 Informaation köyhyys käytetyssä datassa

Todellisten systeemien lukuisten epälineaarisuuksien vuoksi pitkätkin aikasarjat saattavat tuottaa varsin rajoitetusti informaatiota. Perinteiset ekonometriset analyysimenetelmät perustuvat usein regressioanalyysiin. (Sykes 1993). Regressioanalyysissä pyritään selittämään jonkin muuttujan käytöstä muiden muuttujien avulla, joiden oletetaan vaikuttavan sen käyttöön. Selittäville muuttujille haetaan painokertoimet eli mallin parametrit, jotka kuvaavat selittävän muuttujan vaikutuksen voimakkuutta selitettävään muuttujaan. Yksinkertaisessa regressiossa parametrit oletetaan usein vakioiksi tai lineaarisesti muuttuviksi. Todellisia systeemeitä kuvattaessa voidaan kuitenkin STE:n kokemuksen perusteella näyttää, että parametrit saattavat vaihtaa arvoa 0% ja 100% painon välillä ilman viivettä. Toisin sanoen selittävä muuttuja saattaa vaihtua toiseksi jonkin kynnysarvon ylittyessä. Tämä johtaa usein tilanteeseen, jossa todetaan selittävän muuttujan selittävän selitettävää muuttujaa välillä vahvalla ja muulloin heikolla korrelaatiolla. Tutkittavan jaksen yli korrelaatio on usein korkeintaan keskinkertainen. Tulos paranee merkittävästi mikäli ymmärretään mikä selittävä muuttuja kulloinkin on määräävin ja mikä tekijä aiheuttaa selittävien muuttujien vaihtumisen.

2.1.4 Vaikeus saada mallille ja tuloksille laajempaa hyväksyntää

STE:n kokemuksen perusteella eräs käytännön hyödyn kannalta keskeinen ominaisuus mallille on se miten helposti malli hyväksytään käyttäjien keskuudessa. Yrityksille toteutetuissa asiakasprojekteissa asiakkaalla on usein yksi tai korkeintaan kaksi henkilöä, jotka ovat perehtyneet mallin toimintaan syvällisemmin. Näiden henkilöiden vastuulla on yleensä tulosten ja niiden takana olevien oletusten ja argumenttien kommunikointi yrityksen muille päätöksentekijöille. Asiakasprojektien kautta on havaittu, että mitä paremmin asiakasyrityksen henkilöstö ymmärtää mallin toimintaperiaatteen ja taustalla olevat oletukset, sitä enemmän tuloksiin luotetaan ja niitä käytetään. Systeemidynamiikka tarjoaa varsin tehokkaita työkaluja tämän haasteen ratkaisemiseksi:

1. Abstraktien mallien toimintaa ja taustalla olevia oletuksia on usein vaikea kommunikoida. Systeemidynamiikassa käytetyt kausaalidiagrammit tarjoavat tehokkaan tavan selittää mallin toimintaa eteenpäin.
2. Asiantuntijoiden mielipiteillä on keskeinen merkitys mallinnusprojektissa. Vaikka malli olisi ”valmis”, voidaan uusia asiantuntijoiden mielipiteitä lisätä malliin mikäli näyttää siltä, että se on perusteltua. Kun mallin tuloksia käyttävät henkilöt tietävät, että malli perustuu heidän näkemyksiinsä markkinan toiminnasta on heidän helpompi luottaa mallin tuottamiin tuloksiin.
3. Jos asiakkaan asiantuntijat eivät ymmärrä mallin toimintaa, he eivät voi olla mallin oletuksista samaa tai eri mieltä. Tällöin malli ei myöskään kehity asiantuntijoilta saadun palautteen perusteella.
4. Ymmärrettävä malli antaa pohjan mallia hyödyntävien päättäjien väliselle keskustelulle ja oppimiselle.
5. Systeemidynamiikka pystyy tuottamaan muita menetelmiä hyödyllisempiä ja uskottavampia tuloksia erityisesti markkinan käännepeisteiden läheisyydessä. (Perkola 2010).

2.1.5 Asiantuntijoiden ja historiallisen datan rooli

STE:n kokemuksen perusteella asiakkaiden usein käyttämät tilastolliset ja ekonometriset mallit perustuvat tyypillisesti historialliseen dataan. Näissä lähestymistavoissa asiantuntijoiden roolina on tuottaa ideoita siitä, mitkä tekijät ajavat kiinnostuksen kohteena olevia

muuttujia. STE:n lähestymistavassa malli rakennetaan asiantuntijoiden käytännön liiketoiminnan ymmärryksen varaan. Karkeasti ottaen voidaan sanoa, että perinteiset menetelmät painottavat historiallista dataa ja asiantuntijoiden ymmärrystä suhteessa 80% ja 20%. STE:n mallinnustapa kääntää tämän suhteen ympäri siten, että mallista 80% voidaan katsoa perustuvan asiantuntijoiden ymmärrykseen ja 20% dataan. (Perkola 2010). Syitä siihen miksi asiantuntijoiden käytännön osaaminen arvioidaan tärkeäksi ovat mm.:

1. Markkinan havaittu käytös syntyy päätöksentekijöiden ja käytännön asiantuntijoiden päivittäisistä havainnoista, niitä seuraavista päätöksistä ja toimenpiteistä – ei teorioista.
2. Kun malli on kausaalisesti lähellä yksi yhteen kuvausta todellisesta markkinasta, on myös todennäköistä, että se kuvaa hyvin todellisen systeemin käytöstä. Malli on tällöin helposti ymmärrettävissä ja kommunikoitavissa, mikä helpottaa tulosten hyödyntämistä.
3. Asiantuntijoiden käytännön ymmärrys voi tuottaa merkittävästi suuremman määrän informaatiota kuin suuretkaan datamäärät. Forresterin mukaan mallin rakentamiseen tarvitaan kolmenlaista dataa: numeerista, kirjoitettua ja mentaalista. (Forrester 1980). Numeerisella datalla tarkoitetaan tyypillisesti historiallisia aikasarjoja, kirjoitetulla kirjallisia toimintaohjeita ja mentaalisella asiantuntijoiden käytännön ymmärrystä. Haittapuolena on se, että asiantuntijoiden näkemykset sisältävät usein suuren määrän mielipiteitä, jotka eivät datan valossa pidä paikkaansa. Nämä voidaan kuitenkin suodattaa pois mallinnusprosessin aikana.
4. Liiketoiminnan käytännön ymmärrys (ns. hiljainen tieto) huomioi tehokkaasti edellä mainitut systeemin sisältämät epälineaarisuudet, jotka ovat erittäin vaikeita havaita pelkän datan perusteella.
5. Tarkka asiantuntijoiden haastatteluprosessi kykenee löytämään myös latentteja markkinan käyttäytymissäntöjä, jotka usein yllättävät kokeneetkin mallintajat. Latenteilla käyttäytymissäntöillä tarkoitetaan tilanteita, joita ei ole aiemmin tapahtunut, mutta jotka saattavat tapahtua tulevaisuudessa.

2.2 Mallin hyvyyden arviointi

Stermanin mukaan mallin hyvyyden arviointi lähtee sen tunnustamisesta, että kaikki mallit ovat vääriä. (Sterman 2000). Oleellinen kysymys onkin, että onko malli hyödyllinen siihen käyttötarkoitukseen, johon se on rakennettu. Sterman kehottaa pohtimaan mm. seuraavia kysymyksiä:

- Mallin tarkoitus
 - Mitä tarkoitusta varten malli on rakennettu?
 - Mitkä ovat mallin rajat? Ovatko kaikki tärkeät tekijät mallin tuottamia vai ulkoisia skenaarioita?
 - Mikä on mallin tarkoituksen kannalta relevantti aikahorisontti? Sisältääkö malli ne tekijät, jotka voivat oleellisesti muuttua aikahorisontin aikana?
- Fyysinen ja päätöksenteon rakenne
 - Noudattaako malli fysiikan lakeja kuten esimerkiksi massan säilyminen? Ovatko mallin käyttämät yhtälöt dimensioiltaan ja yksiköiltään konsistentteja?
 - Ovatko varasto ja virtausrakenteet linjassa mallin tarkoituksen kanssa?
 - Olettaako malli järjestelmän olevan ja pysyvän lähellä tasapainotilaa?
 - Onko aikaviiveet, rajoitteet ja mahdolliset pullonkaulat otettu huomioon?
 - Olettaako malli ihmisten käyttäytyvän rationaalisesti ja optimoivan omaa toimintaansa? Ottaako malli huomioon kognitiiviset rajoitteet, yritysten realiteetit, ei-rahalliset motiivit ja poliittiset tekijät?
 - Perustuvatko simuloidut päätökset informaatioon, joka on todellisten päätöksentekijöiden saatavilla?
- Robustisuus ja herkkyys vaihtoehtoisille oletuksille
 - Onko malli robusti sisääntulojen äärimmäiselle vaihtelulle?
 - Ovatko mallin suosittamat toimenpiteet herkkiä uskottaville muutoksille mallin oletuksissa kuten parametreissa?
- Käytännölläisyys ja mallin hyödyntämisen politiikka
 - Onko malli hyvin dokumentoitu? Onko dokumentaatio mallin käyttäjien saatavilla? Pystyykö mallia ajamaan omalla tietokoneella?
 - Minkä tyyppistä dataa mallin rakentamisessa ja testauksessa käytettiin?

- Miten mallintajat kuvaavat mallinnus- ja testausprosessia? Pääsivätkö kriitikot ja kolmannet osapuolet arvioimaan mallia?
- Ovatko mallin tulokset toistettavissa?
- Paljonko mallin ajaminen maksaa? Salliiko budjetti riittävän herkkyysanalyysin?
- Kuinka kauan mallin päivittäminen kestää?
- Käyttävätkö mallia sen rakentajat vai kolmannet osapuolet? Mitkä ovat mallintajien ja mallin tilaajien mahdolliset ideologiat, poliittiset agendat ja vääristymät? Miten nämä saattavat vaikuttaa malliin suoraan tai epäsuorasti?

Sterman (1984) tähdentää mallin validoinnissa kolmea peruskohtaa:

1. Ei ole olemassa absoluuttista testiä mallin pätevyyden osoittamiseksi,
2. ei ole olemassa objektiivista testiä mallin pätevyyden osoittamiseksi ja
3. ei ole olemassa yksittäistä testiä mallin pätevyyden osoittamiseksi.

Hän ehdottaa kuitenkin taulukossa 2.1 esitettyjä tilastollisia mittareita mallin suorituskyvyn numeeriseen testaamiseen. (Sterman 1984, Sterman 2000).

Taulukko 2.1. Mallin suorituskyvyn numeeriset mittarit.

Mittari	Määritelmä	Kaava
R^2	Selitysaste; datassa olevan varianssin osuus, jonka malli selittää. r = korrelaatiokerroin mallin ulostulon ja datan välillä.	$R^2 = r^2; r = \frac{1}{n} \sum \frac{(X_d - \bar{X}_d)(X_m - \bar{X}_m)}{s_d s_m}$ $\bar{X} = \frac{1}{n} \sum X; s = \sqrt{\frac{1}{n} \sum (X - \bar{X})^2}$
MAE	Absoluuttinen keskivirhe (Mean Absolute Error)	$MAE = \frac{1}{n} \sum X_m - X_d $
MAPE	Prosentuaalinen keskivirhe (Mean Average Percentage Error)	$MAPE = \frac{1}{n} \sum \frac{ X_m - X_d }{X_d}$
MAE/Mean	Absoluuttinen keskivirhe suhteessa keskiarvoon (Mean Absolute Error as a fraction of the Mean)	$\frac{MAE}{Mean} = MAE / \bar{X}_d$
(R)MSE	Keskimääräisen neliövirheen neliöjuuri (Root Mean Square Error)	$MSE = \frac{1}{n} \sum (X_m - X_d)^2$ $RMSE = \sqrt{MSE}$
Theili's Inequality Statistics	Hajottaa MSE:n kolmeen komponenttiin: bias (U^M), unequal variation (U^S) ja unequal covariation (U^C); $U^M + U^S + U^C = 1$	$U^M = \frac{(\bar{X}_m - \bar{X}_d)^2}{MSE}$ $U^S = \frac{(s_m - s_d)^2}{MSE}$ $U^C = \frac{2(1 - r)s_m s_d}{MSE}$

2.3 Vensim-ohjelmisto

Systeemidynaamisten mallien rakentamiseen on saatavilla useita eri ohjelmistoja. Tässä työssä mallinnukseen käytettiin Vensim-ohjelmistoa. Sen on kehittänyt Ventana Systems ja sen juuret ovat professori Jay Forresterin työssä liittyen systeemidynamiikkaan. Tekniseltä kannalta Vensim on varsin käyttäjäystävällinen työkalu. Mallit koostuvat raken-

nuspalikoista, joita voi luoda, vetää, pudottaa ja yhdistää kokonaisuuksiksi. Näitä palikoita ovat mm. varastot, virtaukset, informaatiovirtaukset, vakioarvoiset muuttujat ja laskentamuuttujat. Mallin rakenne on mahdollista jakaa ohjelmassa usealle eri välilehdelle rakenteen monimutkaisuuden hallitsemiseksi.

Luomalla ja yhdistämällä edellä mainittuja rakennuspalikoita luodaan todellista systeemiä kuvaava matemaattinen rakenne. Rakenteen simuloinnin taustalla oleva matemaatiikka on jossain määrin monimutkaista. Lähes kaikissa käytännön järjestelmiä kuvaavissa malleissa on kymmeniä tai jopa satoja differentiaaliyhtälöitä, jotka aiheutuvat mallin rakenteessa olevista takaisinkytkennöistä. Monissa tapauksissa yhtälöt eivät myöskään ole lineaarisia.

Vensim-ohjelma laskee mallissa oleville muuttujille arvot jokaisella aika-askeleella. Aika-askel on aikaväli laskutoimitusten välillä. Aika-askeleen on oltava riittävän lyhyt suhteessa mallin avulla selitettävien ilmiöiden aikavakioihin. STE:n malleissa, joissa pyritään tarkastelemaan ilmiöitä kuukausikeskiarvoina, on tyypillisesti käytetty aika-askeleena kolmea päivää. Mallin tila yhden laskentakierroksen jälkeen toimii perustana seuraavalle laskentakierrokselle. Tämä tarkoittaa sitä, että kun simulaatio on käynnistetty, malli ”elää omaa elämäänsä”. Kaikki mallin tuottama informaatio perustuu mallin aiemmillä laskentakierroksilla tuottamiin arvoihin.

3 Pakettimarkkina

Pakettimarkkinalla tarkoitetaan liiketoiminta-aluetta, jossa logistiikkaoperaattorit toimittavat tavaralahetyksiä lähettäjiltä vastaanottajille. Kuluttajat ja yritykset molemmat toimivat pakettien lähettäjinä ja vastaanottajina. Tämän työn pääpaino oli kuitenkin verkkokaupan tuottamissa yritysten kuluttajille lähettämässä paketeissa. Tutkitulla markkina-alueella pakettiliiketoimintaa harjoittivat useat kilpailuasemassa olevat yritykset.

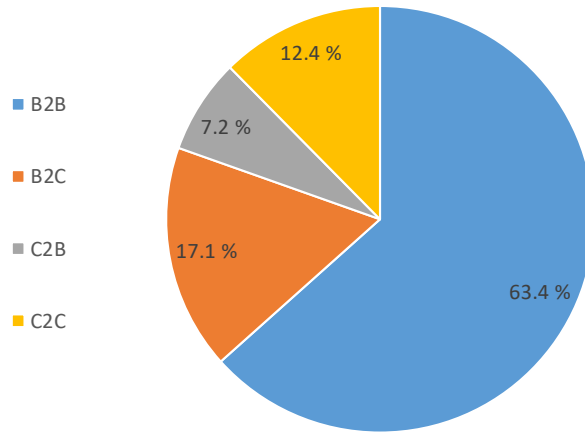
Pakettimarkkinan eri toimijat, kuten logistiikka operaattorit, verkkokaupat ja kuluttajat tekevät päätöksiä perustuen markkinan tilaan ja toisten toimijoiden tekemiin päätöksiin. Tässä luvussa annetaan yleiskuva pakettimarkkinasta ja siitä, millaisia päätöksiä eri toimijat markkinalla tekevät.

3.1 Pakettituotteet

Pakettivirtoja voidaan jakaa pakettityypeittäin eri kategorioihin. Markkinalla toimivat yritykset tarjoavat erilaisia ja eri hintaisia pakettituotteita, joissa toimitusaika ja pakettien suurin sallittu koko ja paino vaihtelevat. Tämän työn kannalta tärkein pakettituote oli tyyppillinen verkkokaupan käyttämä pakettityyppi, jossa toimitusaika oli 1-2 arkipäivää ja paino alle 35 kg.

Pakettivirrat voidaan jakaa lähettäjien ja vastaanottajien perusteella neljään kategoriaan:

1. Yrityksiltä yrityksille (B2B),
2. yrityksiltä kuluttajille (B2C),
3. kuluttajilta yrityksille (C2B) ja
4. kuluttajilta kuluttajille (C2C).



Kuva 3.1. Pakettivirtojen volyymin suhteellinen jakautuminen kategorioittain lähettäjien ja vastaanottajien välillä.

B2B-paketit muodostavat suurimman osan pakettimarkkinan volyymistä (katso kuva 3.1). Yritykset lähettävät tavaralähetyksiä toisille yrityksille osana normaalia liiketoimintaa. Yritysten lähettämien pakettien määrä seuraa alueen yleistä talouskasvua. Tämä pakettivirta ei kuitenkaan yleensä kulje palvelupisteverkoston kautta vaan yritysten ovelta ovelle eikä siten ole työn keskiössä.

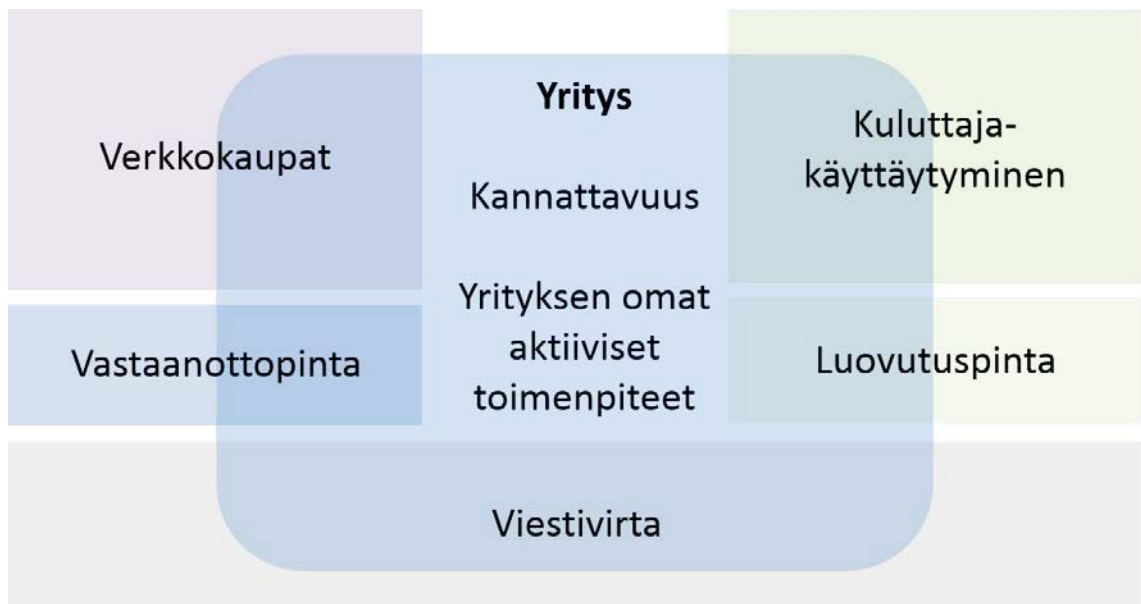
B2C-paketit ovat useimmiten verkkokauppojen kuluttajille lähettämiä tilauksia. Verkkokauppa markkina-alueella on kasvanut voimakkaasti vuodesta 2009 ja siten luonut pakettimarkkinalle nopeasti kasvavan liiketoiminta-alueen. Yritys haluaa toiminnallaan tukea verkkokaupan kasvua tekemällä ostetun tuotteen siirtymisen kuluttajalle mahdollisimman helpoksi ja nopeaksi. Yritys arvioi tämän mahdollistavan kasvun jatkumisen myös tulevaisuudessa. B2C-pakettien volyymien kehittyminen ja siihen liittyvän päätöksenteon ymmärtäminen olivat työn keskeisiä tavoitteita.

C2B-volyymistä merkittävä osa syntyy kuluttajien verkkokaupoille palauttamista tuotteista ja on siten sidoksissa B2C-volyymiin.

C2C-lähetykset ovat volyymiltään B2C-paketteja pienempi virta, mutta kuitenkin merkittävä. Tämän virran kasvua lisäävät kuluttajien välisen postimyynnin ja siihen palveluja tarjoavien portaalien lisääntyminen.

3.2 Sidosryhmät

Pakettimarkkinalla toimivalla logistiikkayrityksellä on useita sidosryhmiä (katso kuva 3.2). Yritys vastaa pakettien kuljettamisen lisäksi niiden vastaanottamisesta ja luovuttamisesta. Kuljetuksen nopeus ja vastaanotto- ja luovutuspintojen toiminnan sujuvuus tuottavat lisäarvon asiakkaille – niin lähettäjiille kuin vastaanottajillekin. Asiakkaille tämä näkyy laatuvaikutelmana, joka saattaa vaikuttaa asiakkaiden haluun toimia kuljetusyrityksen kanssa tulevaisuudessa. Kuljetusyritys voi omilla aktiivisilla toimillaan kuten palvelusteverkoston kehittämisellä, markkinoinnilla ja hinnoittelulla vaikuttaa niin verkko-kauppojen kuin kuluttajienkin käyttäytymiseen.



Kuva 3.2. Pakettimarkkinan sidosryhmät ja niiden kontaktipinnat.

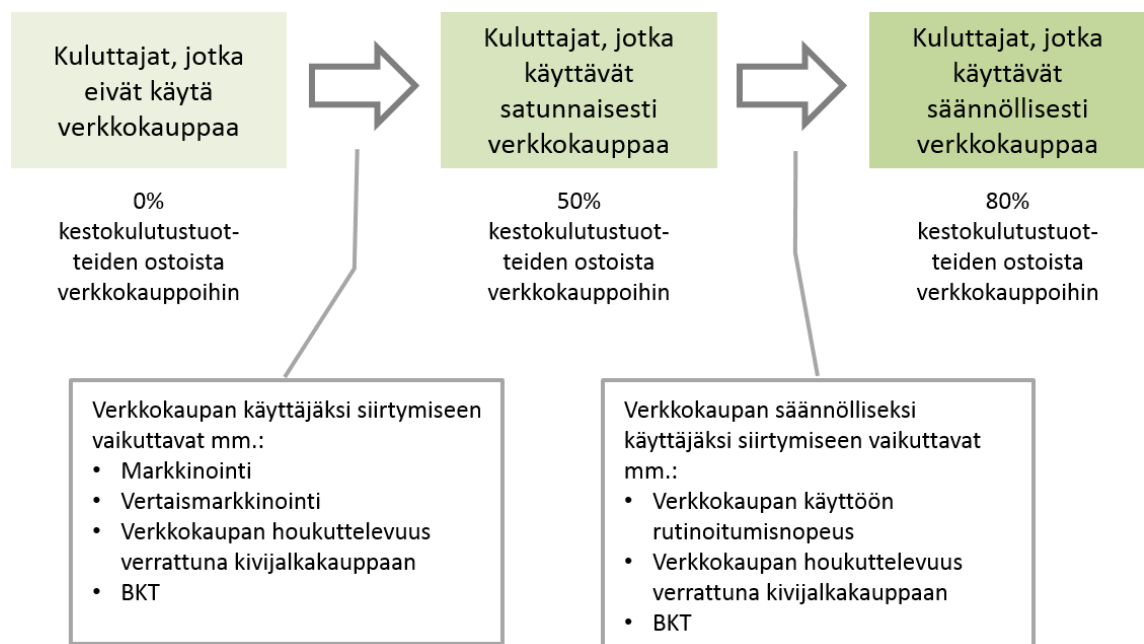
3.2.1 Kuluttajat

Kuluttajat tekevät kaksi keskeistä päätöstä:

1. Ostanko kestokulutustuotteeni verkkokaupasta vai kivijalkakaupasta ja
2. mitä logistiikkayritystä haluan käyttää tilaukseni toimittamiseen?

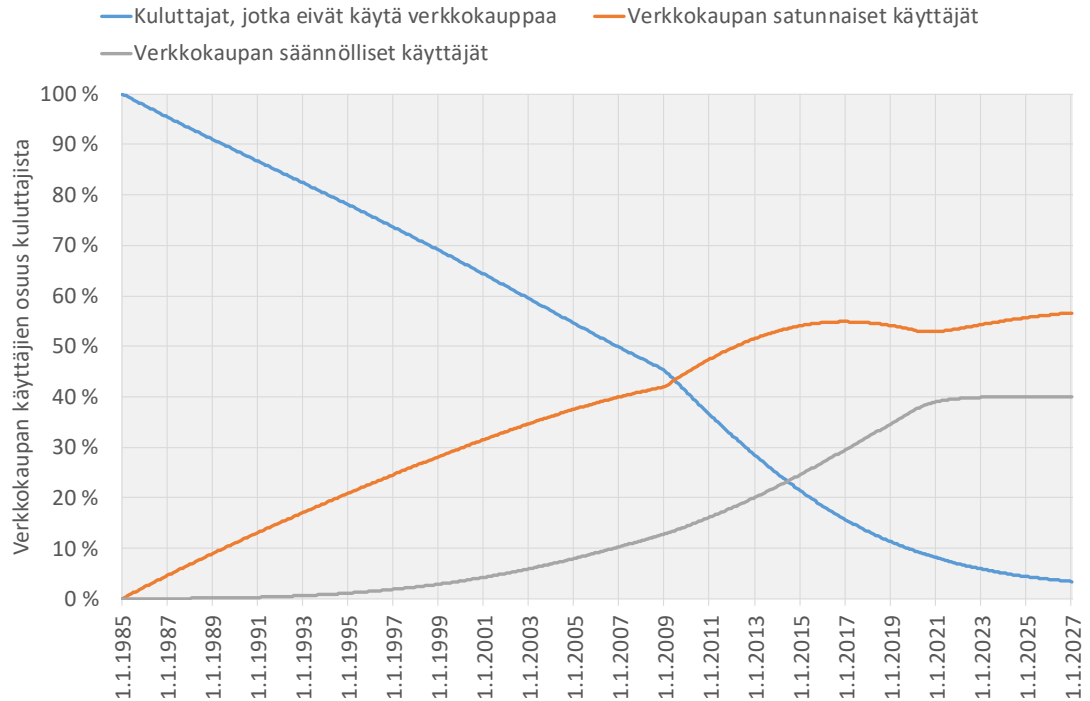
Kuluttajien kestokulutustuotteiden ostot muodostavat merkittävän osan verkkokaupan volyymistä. Kuluttajien siirtymistä kivijalkakaupasta verkkokauppaan lisäävät mm.

markkinointi, vertaismarkkinointi, hintaero kivijalkakauppaan ja uuden teknologian käyttöön tottuminen. Tämä mallinnettiin soveltamalla Bass:n diffuusiomallia (Sternan 2000) siten, että kuluttajat jaettiin kolmeen ryhmään: niihin, jotka eivät käytä verkkokauppaa, niihin jotka käyttävät jonkin verran ja niihin, jotka ostavat lähes kaiken verkkokaupoista (katso kuva 3.3).



Kuva 3.3. Verkkokaupan käytön yleistymiseen vaikuttavat tekijät.

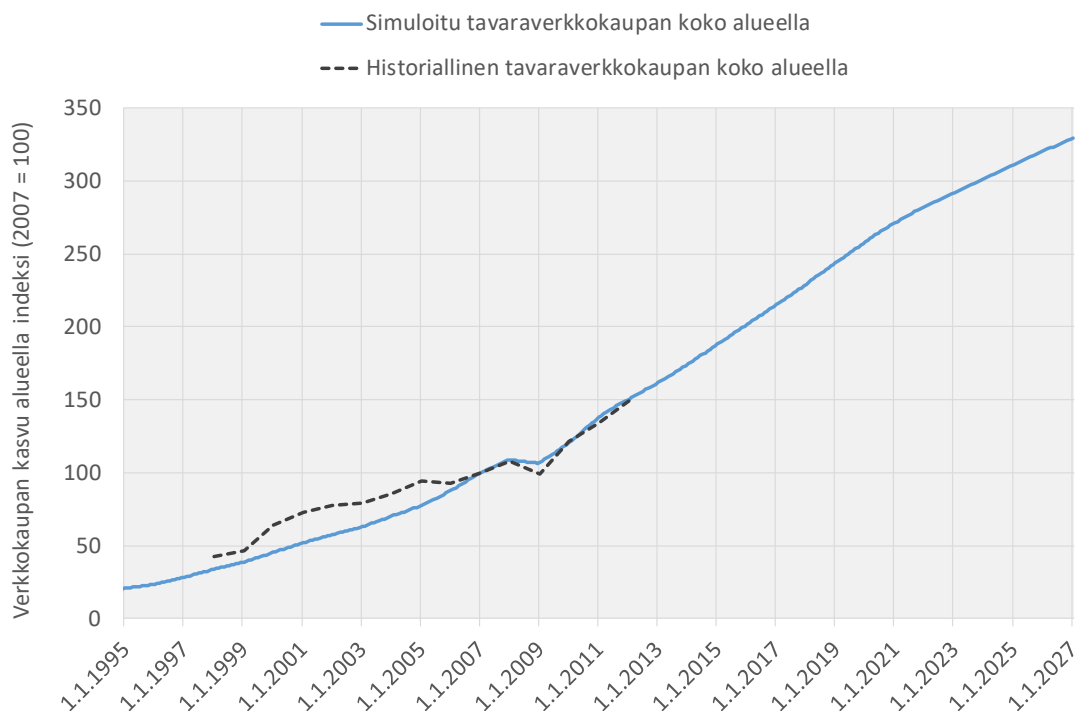
Mallissa kuluttajat voivat siirtyä vain enemmän verkkokauppaa käyttäviksi. Siirtymiseen enemmän verkkokauppaa käyttävään ryhmään vaikuttavat mm. vertaismarkkinointi eli se, kuinka usein muilta kuluttajilta kuullaan käytetyn verkkokauppaa hyvin kokemuksin. Muita vaikuttavia tekijöitä ovat esim. hintaero kivijalkakauppaan ja käytettävissä olevat tulot. Kuvassa 3.4 esitetään eri kuluttajaryhmien estimoidut osuudet.



Kuva 3.4. Estimoitu verkkokaupan käyttäjien osuus kaikista kuluttajista.

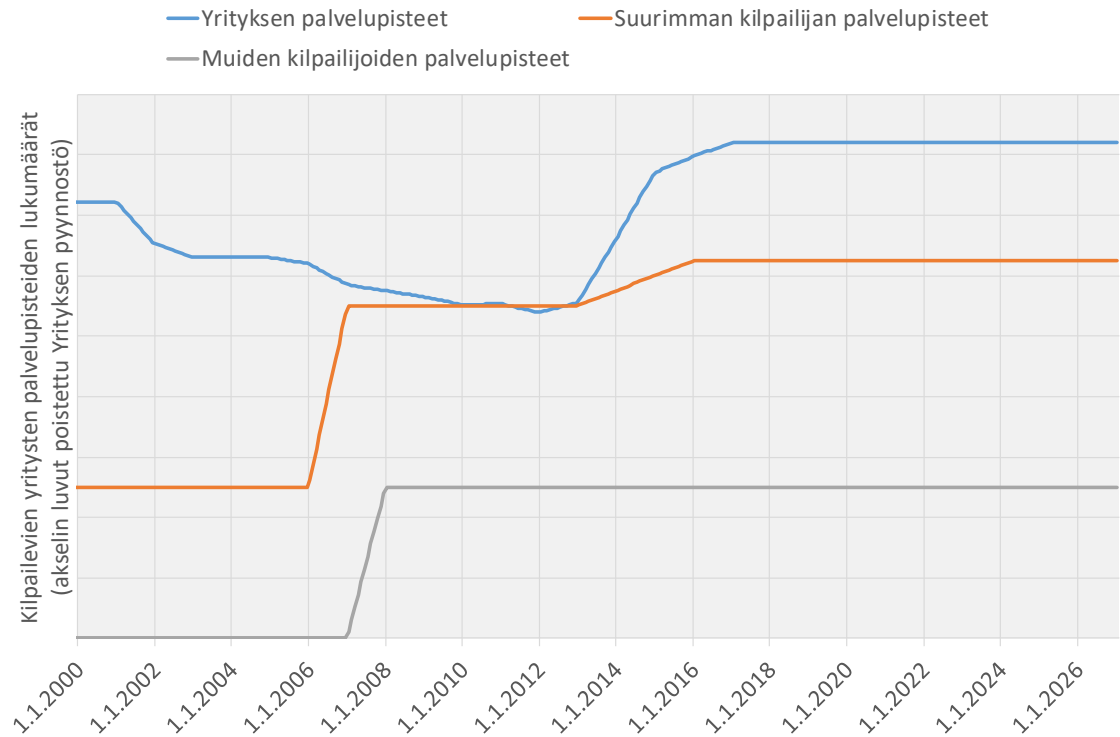
Postimyyntiin oletetaan olleen verkkokaupan kanssa analoginen tapa ostaa tuotteita tilaamalla. Tästä syystä malli olettaa verkkokaupan käyttäjien alkaneen lisääntyä jo vuodesta 1985, vaikka varsinainen verkkokauppa mahdollistui internet-verkon myötä vasta 1990-luvulla. Postimyyntiin tottuneiden kuluttajien oletettiin siirtyvän nopeasti myös verkkokaupan käyttöön. Eri ryhmien verkkokaupan käytöstä oli saatavilla suoraa historiallista dataa varsin niukasti. Tulosta arvioitiin yhdessä Yrityksen BI-osaston kanssa ja tulos oli linjassa heidän näkemyksensä kanssa.

Verkkokaupan käyttäjien määrää ja kuluttajien keskimääräistä tulotasoa käytettiin selittämään verkkokaupan kokoa alueella (kuva 3.5). Verkkokaupan kokonaisvolyymistä markkina-alueella oli saatavilla laadukasta mitattua historiallista dataa.



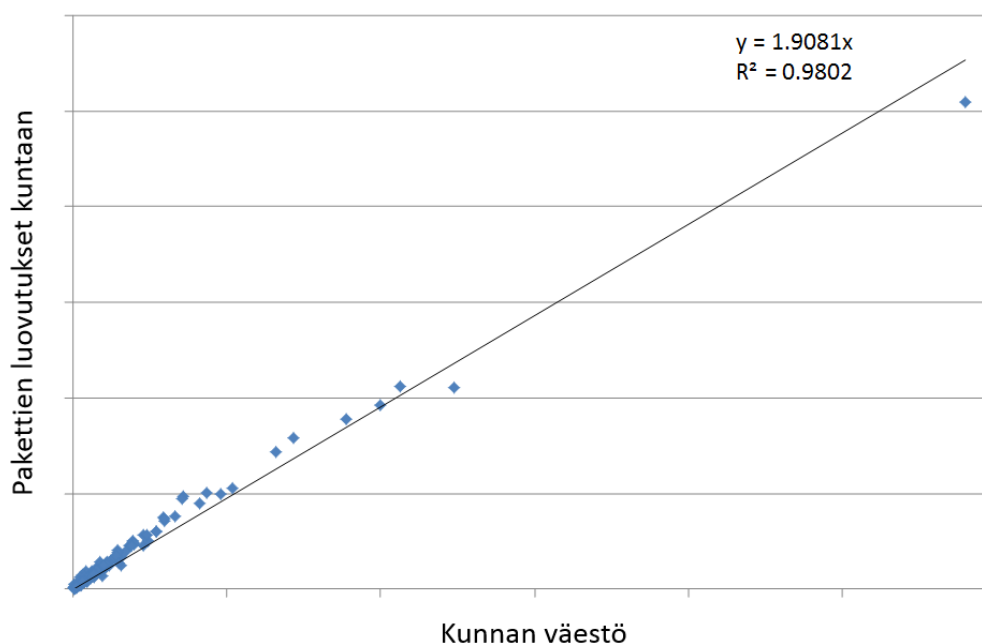
Kuva 3.5. Tavaraverkkokaupan historiallinen ja simuloitu volyymin kasvu.

Kuluttajien logistiikkayrityksen valintaan vaikuttavat palvelupisteverkoston tiheys eli keskimääräinen etäisyys lähimpään palvelupisteeseen, hintaerot eri yritysten välillä ja yritysten imago. Palvelupisteverkoston tiheys seuraa palvelupisteiden määrästä alueella (kuva 3.6). Projektin toteutuksen hetkellä Yrityksen ja suurimman kilpailijan palvelupisteverkostot olivat yhtä tiheät. Yrityksellä oli käytössään kattavat tiedot omien pisteidensä lisäksi myös kilpailevien yritysten palvelupisteiden määristä. Yritys katsottiin kuitenkin brändiltään merkittävästi vahvemmaksi kuin suurin kilpailija. Merkittävä osuus verkkokaupoista tarjoaa vain yhtä logistiikkayritystä pakettien toimittamiseen. Tällöin kuluttajan on pakko käyttää kaupan tarjoamaa yritystä. Vain suurimmat verkkokaupat tarjosivat projektin toteutushetkellä useita eri kuljetusyrityksiä.



Kuva 3.6. Yrityksen ja tärkeimpien kilpailijoiden toimipisteiden historialliset määrät sekä määrät perusskenaariossa ilman optimointia.

Yhtenä tutkittavana kysymyksenä Yrityksellä oli myös se, miten palvelupisteitä tulisi sijoittaa suhteessa eri alueiden väestötiheyteen. Havaittiin, että pakettien luovutukset alueella seurasivat tarkasti alueella asuvan väestön määrä (kuva 3.7). Alueen väestön ja alueella toimitettujen pakettien välillä oli erittäin voimakas korrelaatio. Tämä tarkoittaa sitä, että kuluttajat tilaavat keskimäärin yhtä monta pakettia vuodessa riippumatta siitä missä ja millaisella alueella asuvat. Havainnon pohjalta voitiin tehdä se johtopäätelmä, että palvelupisteitä tulee sijoittaa suhteessa alueen väestön määrään esim. siten, että yksi palvelupiste palvelee 5000 asukkaan aluetta. Projektin tavoitteeksi tuli siten selvittää montako palvelupistettä koko markkina-alueella tarvitaan yhteensä. Yritys voisi tämän tiedon pohjalta jakaa ne väestötiheyden suhteessa alueelle.



Kuva 3.7. Alueen väestömäärän ja pakettien luovutusten suhde.

3.2.2 Verkkokaupat

Verkkokauppiat tekevät päätöksen siitä, mitä logistiikkayrityksiä tarjoavat asiakkailleen. Useimmat pienet verkkokaupat tekevät sopimuksen vain yhden yrityksen kanssa. Suuremmat kaupat saattavat tarjota asiakkailleen useita eri kuljetusyrityksiä. Seurauksena on se, että verkkokauppojen logistiikkaoperaattorien valinnat vaikuttavat merkittävästi logistiikkaoperaattoreiden välisten markkinaosuuksien ja kilpailuaseman kehittymiseen. Verkkokauppojen päätöksiin vaikuttavat eri logistiikkayritysten palveluiden hinnat ja mielikuva siitä, minkä yrityksen palveluita heidän asiakkaansa mieluiten käyttävät. Tehyjen haastatteluiden perusteella kuljetusyritysten brändillä ja markkinaosuudella on suuri merkitys verkkokauppojen päätöksiin. Verkkokauppojen edustajat arvioivat, että kuluttajien ostopäätöksiin vaikuttaa mm. luottamus kuljetusyritykseen. Suuremman luottamuksen arveltiin antavan varmuutta siitä, että tilattu tuote toimitetaan nopeasti ja varmasti perille. Kuljetusyritykset pyrkivätkin vakuuttamaan verkkokauppoja siitä, että kuluttajat luottavat juuri heidän brändiinsä ja toimintaansa.

3.2.3 Kilpailijat

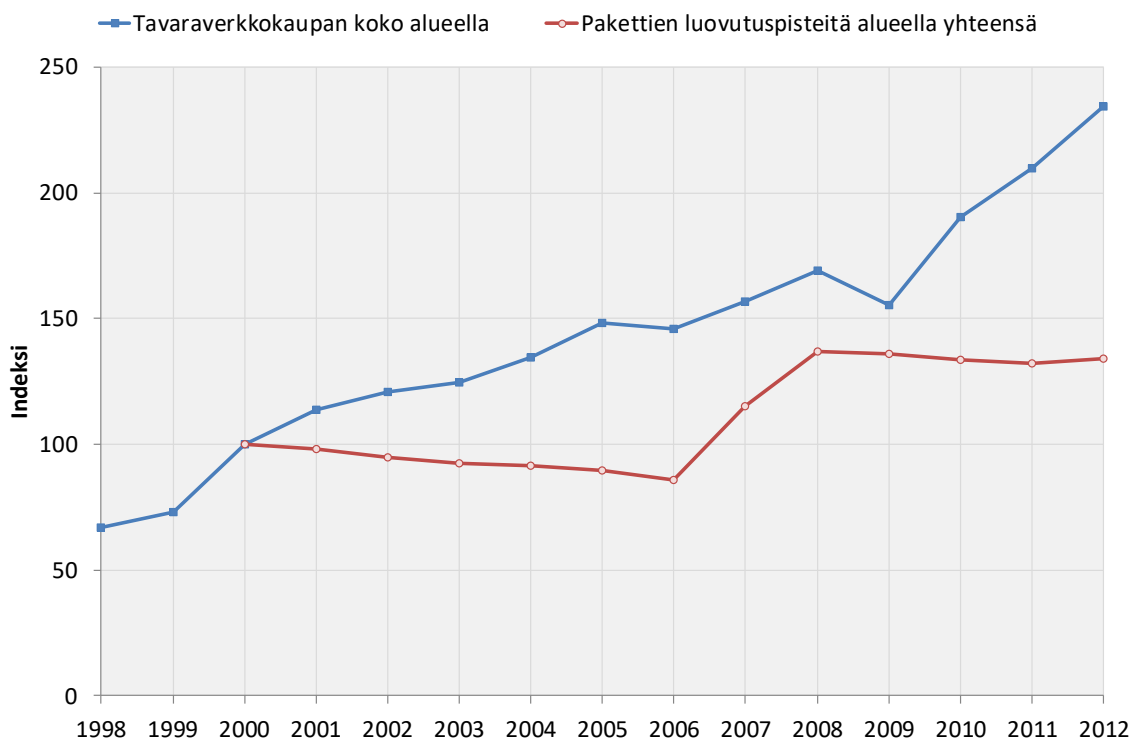
STE:n kokemuksen perusteella samalla markkinalla toimivat yritykset toimivat keskimäärin samojen käyttäytymissääntöjen mukaan. Kuten Yritys, kilpailijat tekevät päätöksiä hinnoittelun, palvelupisteverkoston tiheyden ja markkinointipanostuksen suhteen. Tämän projektin puitteissa kilpailijoiden toimintaa ei mallinnettu, vaan kilpailijoiden mahdollisia päätöksiä pyrittiin huomioimaan skenaarioiden avulla.

3.3 Yrityksen toimien vaikutus

Tässä kappaleessa kuvataan sitä, millaisia mahdollisuuksia logistiikkayrityksillä on vaikuttaa markkinaan, jossa ne toimivat. Keskeisiä vaikutuskeinoja on kolme: palvelupisteverkoston laajuus, tuotteiden hinnoittelu ja markkinointi. Nämä tekijät vaikuttavat yhdessä yrityksen brändiin.

3.3.1 Palvelupisteverkosto

Logistiikkayritykset ylläpitävät palvelupisteverkostoa, jonka pääasiallisena tehtävänä on toimia pakettien vastaanotto- ja luovutuspisteinä kuluttaja-asiakkaille. Palvelupisteverkosto tuottaa logistiikkayritykselle liikevaihtoa ja kustannuksia. Palvelupisteet voivat olla logistiikkayrityksen omia tai jonkin toisen yrityksen, kuten kaupan, oman toiminnan ohessa ylläpidettäviä. Logistiikkayritys maksaa palvelupistettä ylläpitävälle yritykselle kiinteää ja pakettien volyymiin perustuvaa maksua. Oman toiminnan ohessa palvelupistettä ylläpitävät yritykset edellyttävät riittävää taloudellista tuottoa toiminnalle. Tämä tarkoittaa sitä, että pakettien volyymien on oltava riittävän suuri.



Kuva 3.8. Palvelupisteverkoston vaikutus tavaraverkkokaupan kehittymiseen.

Tavaraverkkokaupan koko on kasvanut yhtäjaksoisesti vuodesta 1998 vuoteen 2005. Kuitenkin samaan aikaan kaikkien kuljetusyritysten yhteenlaskettu palvelupisteiden määrä on laskenut välillä 2000-2005 (katso kuva 3.8). Johtopäätöksenä voidaan todeta, että palvelupisteiden määrän lasku ei ole rajoittanut tavaraverkkokaupan kasvua tällä aikavälillä. Tämä ei tarkoita ettei palvelupisteverkostolla olisi vaikutusta tavaraverkkokaupan kokoon. Tuloksesta voidaan tehdä seuraavat päätelmät:

1. Palvelupisteverkostolla ei ole lineaarista yhteyttä tavaraverkkokaupan kokoon.
2. Palvelupisteiden kokonaismäärän lisääminen nykyiseltä tasolta ei suoraan kasvata verkkokaupan kokoa.

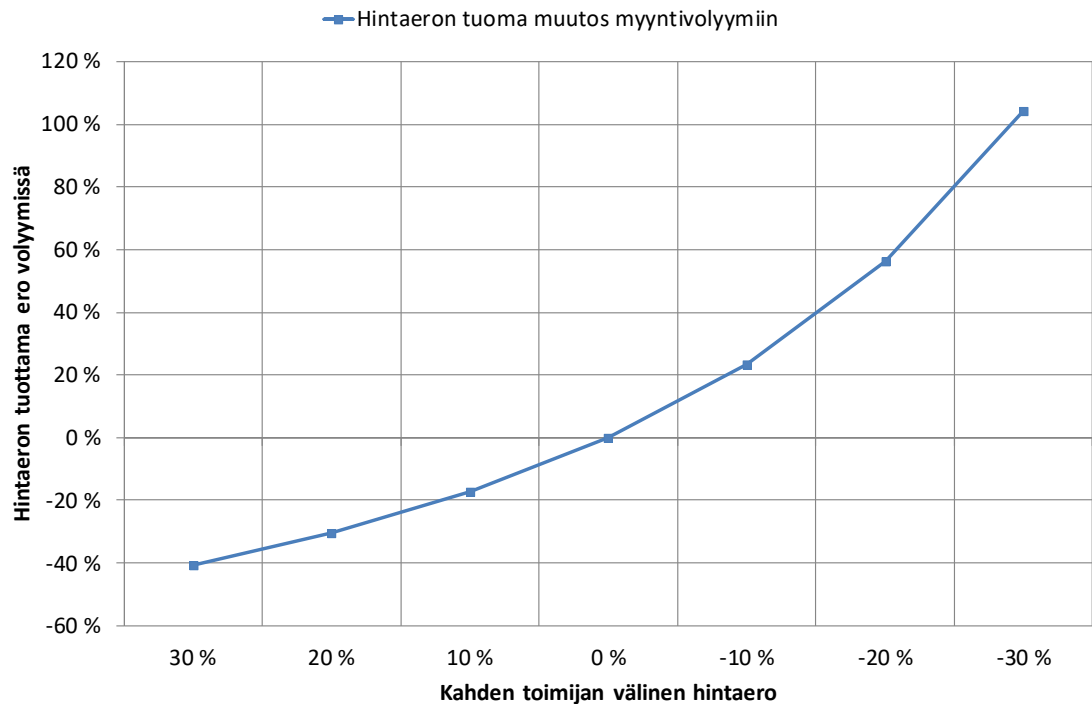
3.3.2 Hinnoittelu

Pakettien kuljetuksen hinnoittelu vaikuttaa verkkokauppojen ja kivijalkakauppojen väliseen hintaeroon ja siten verkkokaupan käyttöön. Toisaalta hintaero logistiikkaoperaatto- reiden välillä vaikuttaa siihen, mitä yritystä verkkokaupat ja kuluttajat suosivat. Tämä

taas vaikuttaa suoraan yritysten markkinaosuuksiin. Kuluttajat ohjautuvat ostamaan tuotteita sieltä, missä tuotteet ovat edullisimpia. Hintaeron vaikutusta voidaan R. Olivan (Oliva et al. 2003) mukaan arvioida seuraavalla kaavalla (katso kuva 3.9):

$$\text{Hintaeron vaikutus verkkokaupan volyymiin} = \left(\frac{\text{Verkkokauppojen hinta}}{\text{Kivijalkakauppojen hinta}} \right)^{-X} \quad (1)$$

Oliva ehdottaa parametrin X arvoa 2, mutta parametrin arvoksi saatiin 4.5 tutkimalla verkkokaupoilta saatua haastattelu- ja numeerista dataa hinnanalennusten vaikutuksista myyntimääriin.



Kuva 3.9. Hintaeron vaikutus myyntivolyymiin.

$$\text{Hintaeron vaikutus markkinaosuuteen} = \left(\frac{\text{Kilpailijan hinta}}{\text{Yrityksen hinta}} \right)^Y \quad (2)$$

Kuten verkkokauppojen ja kivijalkakauppojen hintaerossa, myös tässä parametrina oleva potenssi pyrittiin löytämään historiallisen datan avulla. Parametrin arvoksi estimoititiin 9.

Käytännössä tämä tarkoittaa sitä, että kuluttajat ja verkkokaupat reagoivat erittäin voimakkaasti logistiikkaoperaattoreiden välisiin hintaeroihin.

3.3.3 Yrityksen brändi

Pakettimarkkinalla toimivien yritysten brändien tai imagon vaikutuksen arvioiminen oli haastava tehtävä. Tiedetään, että yrityksen imagolla on merkitystä niin verkkokauppojen kuin kuluttajienkin päätöksenteossa. Luotettavaa dataa brändien vaikutuksesta ei ollut suoraan saatavilla. Lähin epäsuora indikaattori, josta luotettavaa dataa oli saatavilla olivat eri yritysten markkinaosuudet. Haasteena markkinaosuusdatan käytössä oli se, että markkinaosuuteen vaikuttavat brändin lisäksi myös muut tekijät. Brändin vaikutusta arvioitiin mallissa huomioimalla yrityksen markkinoinnin määrät (Oliva et al. 2003), asiakaspalvelun laatu, palvelupisteverkoston tiheys ja asiointikertojen määrä.

3.3.4 Markkinointi

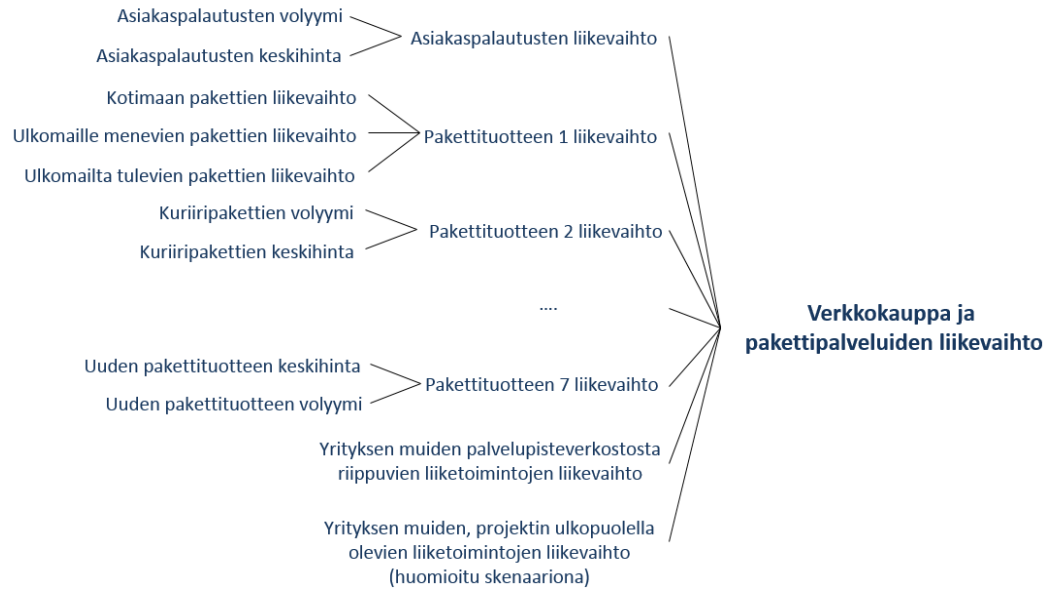
Yritysten markkinointi vaikuttaa yritysten näkyvyyteen ja kuluttajien sekä verkkokauppioiden mielikuviin. Eräistä Yrityksen kuluttajille suunnatuista markkinointikampanjoista oli saatavilla dataa niiden kustannusten ja tulosten osalta. Havaittiin, että markkinoinnin vaikutus on merkittävästi pienempi kuin verkoston tiheyden tai palvelun hinnoittelun vaikutukset.

3.4 Yrityksen talous

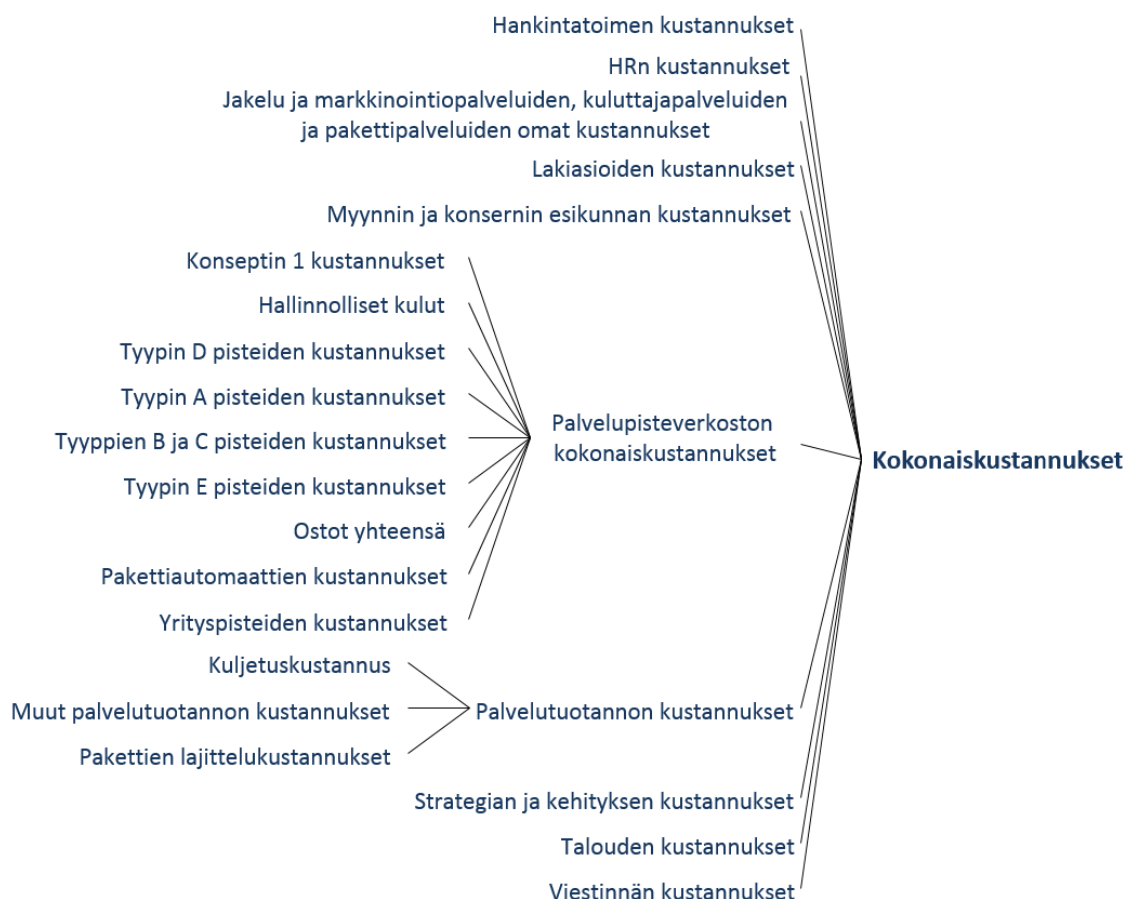
Yrityksen talouden ymmärtämisellä ja selittämisellä oli työssä keskeinen rooli, koska tavoite oli optimoida yrityksen tulevaa liikevoittoa. Yrityksen rahavirrat haluttiin toistaa mallissa mahdollisimman lähellä sitä, miten niitä katsottiin Yrityksen taloushallinnossa. Kuten fyysisissä systeemeissä, myös taloudessa ja rahavirroissa on massataseen pädeittävä jokaisella hetkellä. Rahaa ei mallissa saa hävitä tai ilmestyä tyhjältä.

Liikevaihtoa eli myyntiä kuljetusyritykset saavat pääosin toimittamistaan paketeista ja verkkokaupoille sekä kuluttajille myydyistä oheispalveluista (katso kuva 3.10). Kuljetusyritysten kulut (katso kuva 3.11) voidaan jakaa kiinteisiin ja muuttuviin kustannuksiin.

Kiinteät kustannukset muodostuvat mm. oman henkilöstön palkoista, kiinteistöjen kustannuksista, markkinoinnista ja konsernipalveluista kuten suunnittelu, lakiasiat ja johto. Muuttuvat kustannukset taas seuraavat virtaavien pakettien määrästä. Niitä ovat mm. lajittelu- ja kuljetuskustannukset sekä palkkiot alihankkijoille ja yhteistyökumppaneille.



Kuva 3.10. Yrityksen liikevaihdon rakentuminen.



Kuva 3.11. Yrityksen kokonaiskustannusten muodostuminen.

3.5 Saatavilla oleva data

Kuten STE:n kokemuksen mukaan usein käy, on historiallista dataa kaikista muuttujista tyypillisesti mahdotonta saada. Kuten luvussa 2 mainitaan voidaan osa näistä tilanteista ratkaista mittaamalla niitä muuttujia, joista dataa ei ole saatavilla, epäsuorasti muiden muuttujien avulla, joista dataa on saatavilla. Toisena haasteena on datan laatu. Vaikka dataa olisi saatavilla, se ei välttämättä ole kattavaa tai se sisältää mittausvirheitä. Tässä työssä luotettavin data saatiin Yrityksen taloushallinnosta. Yrityksellä oli kattavat tiedot omista tuloistaan ja menoistaan ja siitä mistä ne koostuivat. Historiallista dataa yrityksen taloudesta oli käytettävissä vuodesta 2008 vuoteen 2013. Tulevista vuosista 2014 ja 2015 käytettävissä oli yrityksen laatimat estimaatit. Kilpailevien yritysten taloudesta saatiin arvioita mm. julkisista verotiedoista ja vuosikertomuksista. Pakettivolyyymeistä alueella oli käytössä useita tutkimuksia. Yrityksen BI-osaston näkemys oli, että niiden tarkkuuteen kannatti suhtautua varauksella. He suosittelevat huomioimaan enemmän yleistä trendiä

kuin yksittäisten mittausten arvoja. Yrityksen omista pakettivolyymeistä oli saatavilla luotettavaa historiallista dataa.

Usein sosioekonomisista järjestelmistä, kuten markkinat, saatava data on vuosikeskiarvotettua tai näytteenottotaajuudeltaan vieläkin harvempaa. Esimerkiksi tietyt pakettivolyymien kehittymistä markkina-alueella kuvaavat tutkimukset oli toteutettu viiden vuoden välein. Tällöin malli pyritään sovittamaan niihin datapisteisiin joita on saatavilla. Niiden välillä olevalla alueella hyödynnetään asiantuntijoiden tietoa markkinasta. Esimerkiksi jos asiantuntijat ovat sitä mieltä, että markkina on kasvanut tasaisesti kahden toisistaan ajallisesti etäällä olevan datapisteen välillä, voidaan pisteiden välistä interpolaatiota hyödyntää.

4 Malli

Yksi projektin keskeisistä tavoitteista oli rakentaa pakettimarkkinan toimintaa kuvaava matemaattinen malli. Mallin tuli kyetä ennustamaan pakettimarkkinan volyymien kehitystä ja huomioimaan Yrityksen toimenpiteiden dynaamiset vaikutukset. Mallin tärkein tehtävä oli toimia laskenta-alustana optimoinnille. Sekundaarisia tavoitteita olivat mm. sellaisten skenaarioiden tutkiminen, joiden parametrit eivät olleet osana optimointia. Tässä luvussa kuvataan mallin rakennetta ja arvioidaan mallin suorituskykyä. Malli kokonaisuudessaan on niin laaja, ettei sitä voida tämän opinnäytetyön puitteissa esitellä yksityiskohtaisesti kaikilta osin. Mallin verkkokaupan kehittymistä kuvaavaa osiota esitellään tarkemmin myös teknisessä mielessä ja muita osioita yleisemmällä tasolla.

STE:n mallinnusprosessissa asiantuntijoilta saatu tieto on keskeisessä asemassa. Systemin yleinen rakenne ja tärkeimmät muuttujat pyritään saamaan selville haastattelemalla asiakkaan asiantuntijoita. Tätä työtä varten haastateltiin henkilöitä useilta eri osaamisalueilta, kuten esimerkiksi palvelupisteverkosto, toimitusketju, myynti, markkinointi, talous, BI, verkkokauppa, kuluttajakäyttäytyminen, kilpailijoiden käyttäytyminen ja lakiasiat. Myös useiden verkkokauppojen edustajia haastateltiin. Haastatteluissa saadut tiedot dokumentoitiin ja todennettiin niiltä osin kuin se oli mahdollista käytettävissä olevan ajan ja datan osalta. Todennetut markkinan rakenteet raportoituihin asiakkaalle, kuten myös vääräksi uskomuksiksi osoittautuneet mielipiteet. Mallin virheettömyys ja käytännönläheisyys pyrittiin varmistamaan useilla STE:n sisäisillä katselmuksilla, joissa uudet malliin lisätyt osiot ja kokonaisuuden toiminta käytiin läpi teknisestä ja käytännön näkökulmasta. Mallin eri osa-alueet käytiin myös asiakkaan kanssa läpi useissa validointipalaverissa, joissa kerrottiin miten asia oli mallinnettu ja miltä tulokset näyttivät. Tämän tiedon valossa keskusteltiin siitä, että vastasiko mallin rakenne todellista markkinaa ja olivatko tulokset myös käytännössä mahdollisia. Keskusteluiden seurauksena malliin tehtiin lukuisia muutoksia kuten esimerkiksi se, että palvelupisteitä ei voida lisätä tiettyä vauhtia nopeammin tai että lainsäädäntö asettaa yrityksen toimille tiettyjä rajoitteita.

4.1 Mallin osa-alueet

Tässä kappaleessa käydään läpi ja esitellään mallin eri osa-alueet lajiteltuna karkeasti pakettien virran kulkusuunnan mukaan. Malli on jaettu seitsemään eri loogiseen kokonaisuuteen:

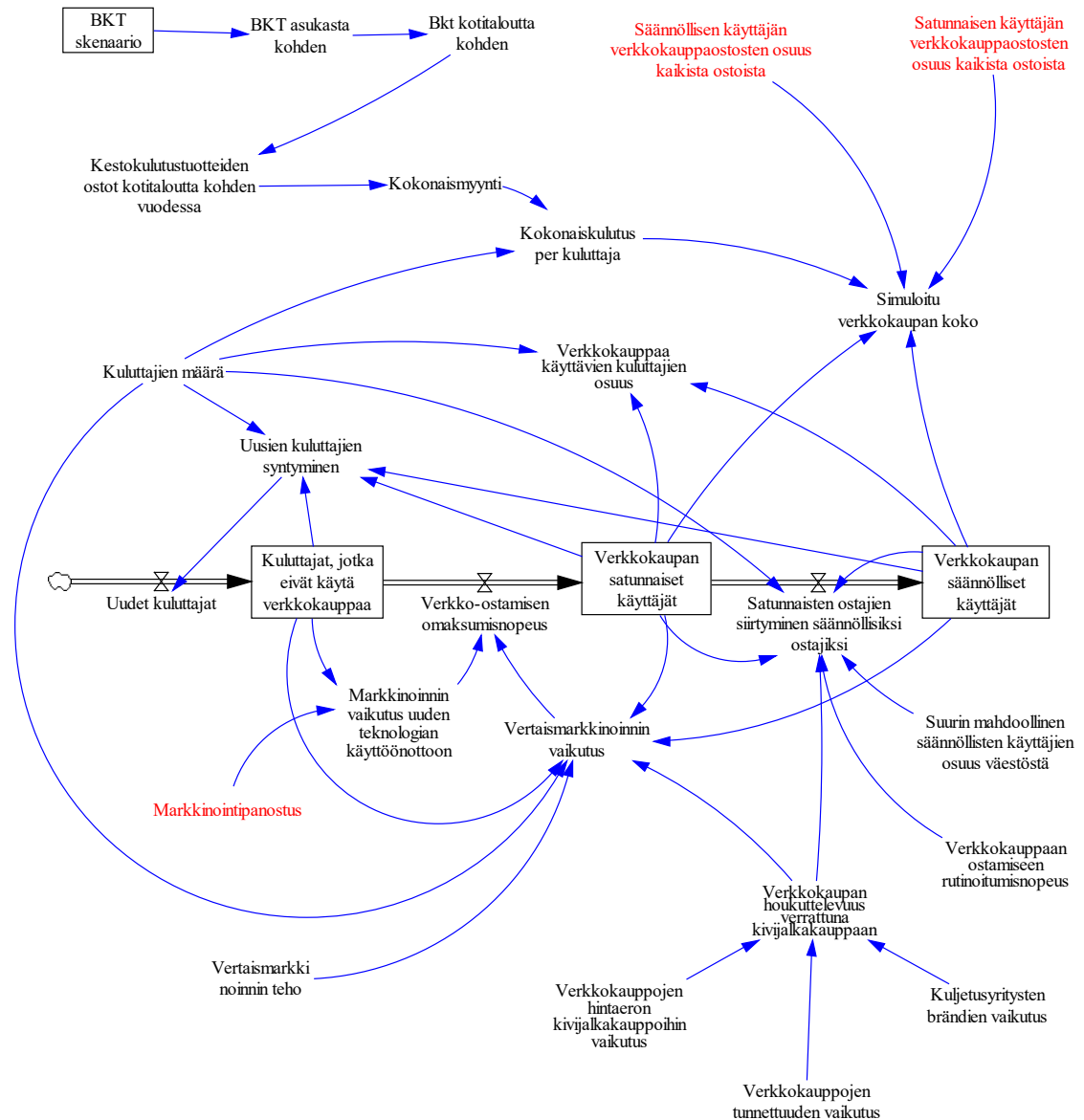
1. Pakettivirran lähde eli verkkokaupan kehittyminen
2. Pakettivirta kotimarkkinalta ja sen ulkopuolelta
3. Pakettivirta eri kuljetusyritysten verkoissa
4. Palvelupisteverkoston toiminta
5. Kuljetusyritysten brändi ja markkinointi
6. Yrityksen liikevaihto ja kustannukset
7. Optimoinnin hallinta ja muut syöttömuuttujat

Nämä osa-alueet ovat muuttujien määrältään ja monimutkaisuudeltaan varsin eri kokoisia. Kaksi ensimmäistä, jotka ovat myös pienimmät käydään läpi syvällisemmin ja muita kuvataan yleisemmällä tasolla.

4.1.1 Pakettivirran lähde

Kuten talouden mallintamisessa myös pakettivirroissa massataseen on oltava voimassa jokaisella hetkellä. Pakettivirta syntyy kuluttajien verkkokauppoihin tekemistä ostoista ja jakautuu kuljetusyrityksille niiden markkinaosuuksien suhteissa. Kuluttajat tekevät ostoja niin kotialueen kuin alueen ulkopuolella sijaitseviin verkkokauppoihin. Muista maista tulevien pakettien osalta kuljetusyritysten markkinaosuus määräytyy kansainvälisten ja paikallisten toimijoiden sopimusten perusteella. Kuluttajat eivät juurikaan voi vaikuttaa ulkomailta tulevien lähetysten toimittajiin. Kuljetusyritysten sisäisessä virrassa paketit jakaantuvat eri palvelupisteisiin, joista kuluttajat lunastavat paketit.

Kuvassa 4.1. on esitetty verkkokaupan volyymin tuottava rakenne siten kuin se on varsinaisessa mallissakin. Keskeinen rakenne seuraa Bassin diffuusiomallia siten kuin Sterman (2000) sen esittelee. Mallia on täydennetty mm. verkkokaupan houkuttelevuudella. Tässä osassa mallia keskeinen mallin ulkopuolelle jäänyt voimakkaasti lopputulokseen vaikuttava tekijä on alueen talouskasvu. Talouskasvu määrittää kuluttajien käytössä olevat varat.



Kuva 4.1 Verkkokaupan volyymin tuottavan mallin kausaalidiagrammi.

Kuvassa 4.1 esitetyn kausaalidiagrammin muuttujien yhtälöt on esitetty alla olevassa mallin lähdekoodissa.

Markkina-alueen keskiväkiluku

Input data

Units: Kuluttajaa

Suurin mahdollinen säännöllisten käyttäjien osuus väestöstä=

0.4

Units: %

Uudet kuluttajat=

Uusien kuluttajien syntyminen

Units: Kuluttajaa / vuosi

Uusien kuluttajien syntyminen=

Kuluttajien määrä-(Kuluttajat, jotka eivät käytä verkkokauppaa+Verkkokaupan satunnaiset käyttäjät+Verkkokaupan säännölliset käyttäjät)

Units: Kuluttajaa / vuosi

Verkko-ostamisen omaksumisnopeus=

Markkinoinnin vaikutus uuden teknologian käyttöönottoon+Vertaismarkkinoinnin vaikutus

Units: Kuluttajaa / vuosi

Verkkokaupan houkuttelevuus verrattuna kivijalkakauppaan=

*Verkkokauppojen hintaeron kivijalkakauppoihin vaikutus*Verkkokauppojen tunnettuuden vaikutus*Kuljetusyritysten brändien vaikutus*

*Units: **undefined***

Verkkokaupan satunnaiset käyttäjät=

INTEG(Verkko-ostamisen omaksumisnopeus-Satunnaisten ostajien siirtyminen säännöllisiksi ostajiksi,0)

Units: Kuluttajaa

Verkkokaupan säännölliset käyttäjät=

INTEG(Satunnaisten ostajien siirtyminen säännöllisiksi ostajiksi,0)

Units: Kuluttajaa

Verkkokauppaa käyttävien kuluttajien osuus=

(Verkkokaupan satunnaiset käyttäjät+Verkkokaupan säännölliset käyttäjät)/Kuluttajien määrä

Units: %

Verkkokauppaan ostamiseen rutinoitumisnopeus=

0.02

Units: dimensionless

Verkkokauppojen hintaeron kivijalkakauppoihin vaikutus=

Verkkokauppojen hintaero kivijalkakauppoihin^Verkkokauppojen ja kivijalkakauppojen hintaeron vaikutuksen voimakkuus

Units: dimensionless

Verkkokauppojen ja kivijalkakauppojen hintaeron vaikutuksen voimakkuus=

*-2*Hintaeron merkityksen voimakkuus*

Units: dimensionless

Verkkokauppojen tunnettuuden vaikutus=

(Verkkokauppaa käyttävien kuluttajien osuus/Verkkokauppojen referenssittunnettuus)^Verkkokauppojen tunnettuuden vaikutuksen voimakkuus

Units: dimensionless

Vertaismarkkinoinnin teho=

IF THEN ELSE(Time<2009,0.035,0.08)

Units: dimensionless

Vertaismarkkinoinnin vaikutus=

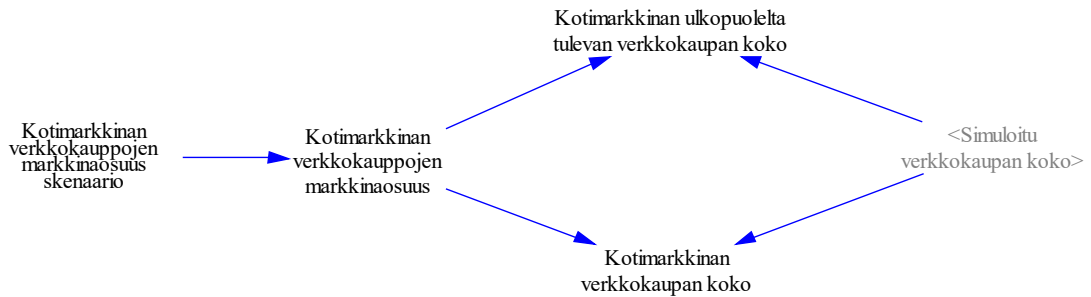
*(Vertaismarkkinoinnin teho*Kuluttajat, jotka eivät käytä verkkokauppaa*(Verkkokaupan satunnaiset käyttäjät+Verkkokaupan säännölliset käyttäjät))/Kuluttajien määrä*Verkkokaupan houkuttelevuus verrattuna kivijalkakauppaan*

Units: Kuluttajaa / vuosi

4.1.2 Pakettivirrat kotimarkkinalta ja sen ulkopuolelta

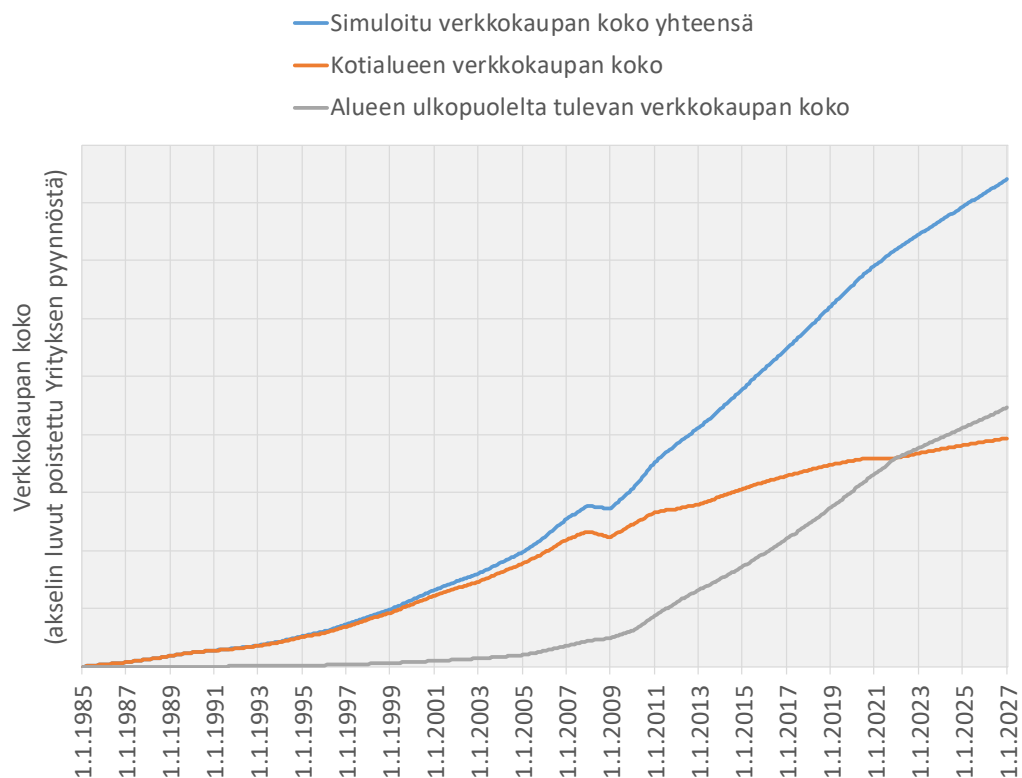
Logistiikkayrityksille tuleva B2C-pakettivirta voidaan jakaa sen lähtöpisteen mukaan paketteihin, jotka on lähetetty kotialueen sisältä ja paketteihin, jotka tulevat alueen ulkopuolelta. Merkittävin tähän jakoon vaikuttava tekijä on alueen ulkopuolisten verkkokaup-

pojen markkinaosuus alueella (kuva 4.2). Työn laajuuden puitteissa kotialueen ja sen ulkopuolella olevien verkkokauppojen markkinaosuudet jouduttiin huomioimaan skenaarioina. Skenaarion perusteena oli käytettävissä oleva historiallinen data kotialueen ulkopuolelta tulevista pakettivolyymeistä ja Yrityksen käytössä olevat kolmansien osapuolien tekemät markkinatutkimukset.



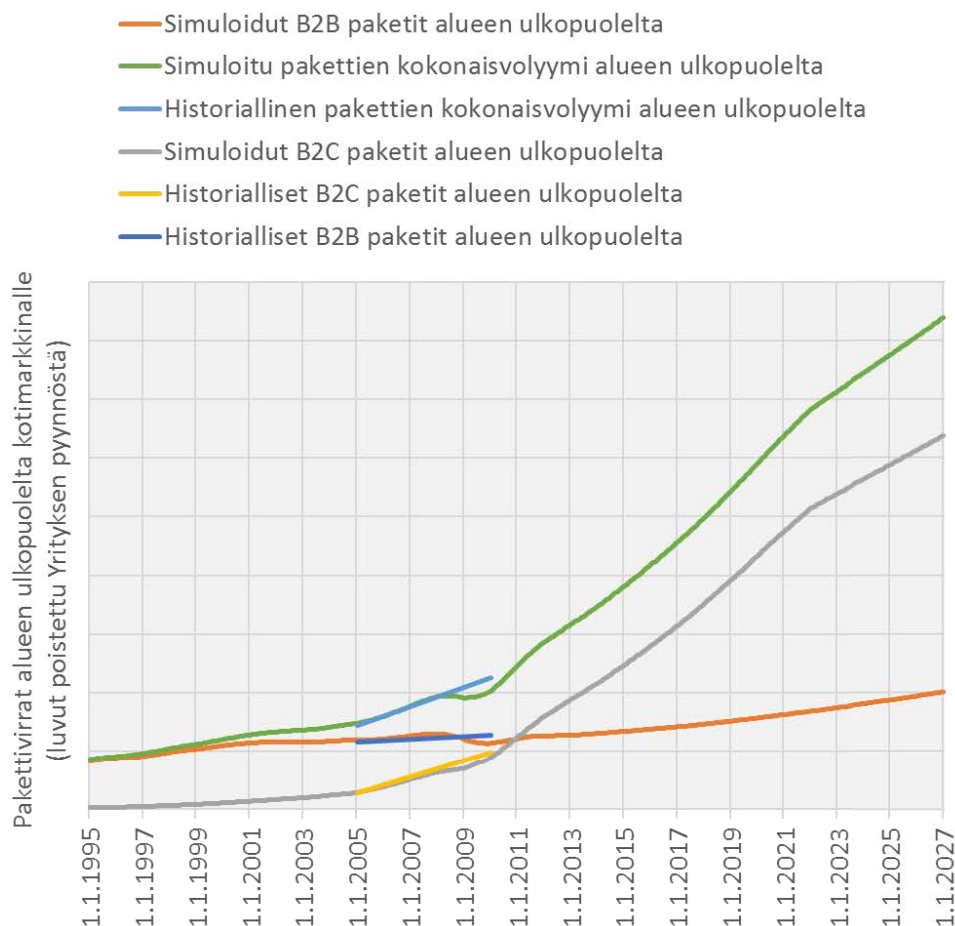
Kuva 4.2. Verkkokaupan jakautuminen kotimarkkinan ja sen ulkopuolelta tulevaan tavavirtaan.

Alueen ulkopuolisten verkkokauppojen oletetaan ohittavan kotimarkkinan verkkokaupat markkinaosuudessa vuonna 2022 (kuva 4.3).



Kuva 4.3. Verkkokaupan volyymin jakaantuminen kotialueen ja sen ulkopuolella toimiville verkkokaupoille.

Yrityksen markkina-alueelle saapuvien volyymien jaottelu kotimarkkinalta ja sen ulkopuolelta tuleviin lähetyksiin haastavaa saatavilla olevan datan vähyyden takia. Kuvassa 4.4. esitetyssä simulaatiossa ja historiallisessa datassa todellista mitattua dataa oli vain kaksi datapistettä sarjaa kohden. Ensimmäinen oli vuodelta 2005 ja toinen vuodelta 2010.

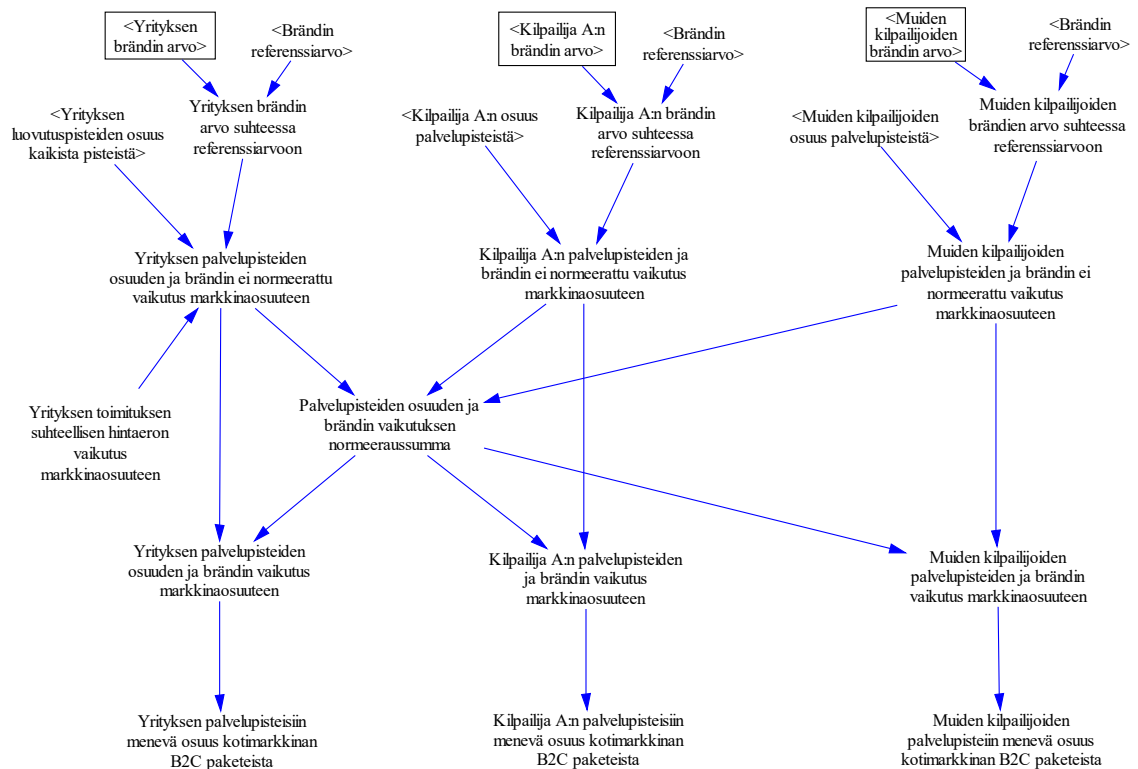


Kuva 4.4. Pakettivolyymit alueen ulkopuolelta kotimarkkinalle.

4.1.3 Pakettien jakaantuminen eri kuljetusyritysten verkkoihin

Verkkokaupan generoimat paketit jakautuvat eri kuljetusyrityksille sen mukaan, mitä kuljetusyritystä verkkokaupat kuluttajille tarjoavat ja kuluttajien valintojen mukaan niissä tapauksissa, joissa kuljetusyrityksen valinta on mahdollinen. Verkkokauppojen ja kuluttajien valintoihin mallissa vaikuttavat yritysten palvelupisteverkoston tiheys ja yrityksen brändi. Mitä suurempi verkoston tiheys ja mitä tunnetumpi ja luotetumpi yritys on, sitä

todennäköisempää sen on saada lähetykset verkkoonsa. Kuvassa 4.5 on esitetty yritysten markkinaosuuden selittävä kausaalinen rakenne.



Kuva 4.5. Palvelupisteverkoston tiheyden ja brändin vaikutukset markkinaosuuteen.

4.1.4 Palvelupisteverkoston toiminta

Palvelupisteverkoston toiminnan kuvaaminen muodostaa mallissa muuttujamäärältään suurimman kokonaisuuden. Se voidaan jakaa karkeasti kahteen osa-alueeseen: pakettien ja rahan virtaan verkostossa. Tämä mallin osa on suurelta osin kirjanpitoa. Massataseen on pädeävä tässäkin jokaisella ajan hetkellä. Paketit tulevat palvelupisteverkostoon lähettäjiä ja päätyvät vastaanottajille. Niitä ei synny eivätkä ne voi hävitä verkostossa. Toisaalta verkoston kasvu mahdollistaa helpomman pakettien lähettämisen ja vastaanottamisen ja siten lisää pakettien volyymiä, mutta silloinkin pakettien volyymin kasvu syntyy kuluttajien päätöksenteon perusteella eikä verkostossa.

Palvelupisteverkoston malli pitää kirjaa siitä, miten paketit jakaantuvat eri yritysten välillä ja miten ne jakaantuvat yritysten sisällä eri palvelupistetyyppeihin. Kuluttajat suosivat eri kriteereillä eri palvelupistetyyppejä ja verkkokaupat eivät välttämättä mahdollista lähetyksiä kaikkiin palvelupistetyyppeihin.

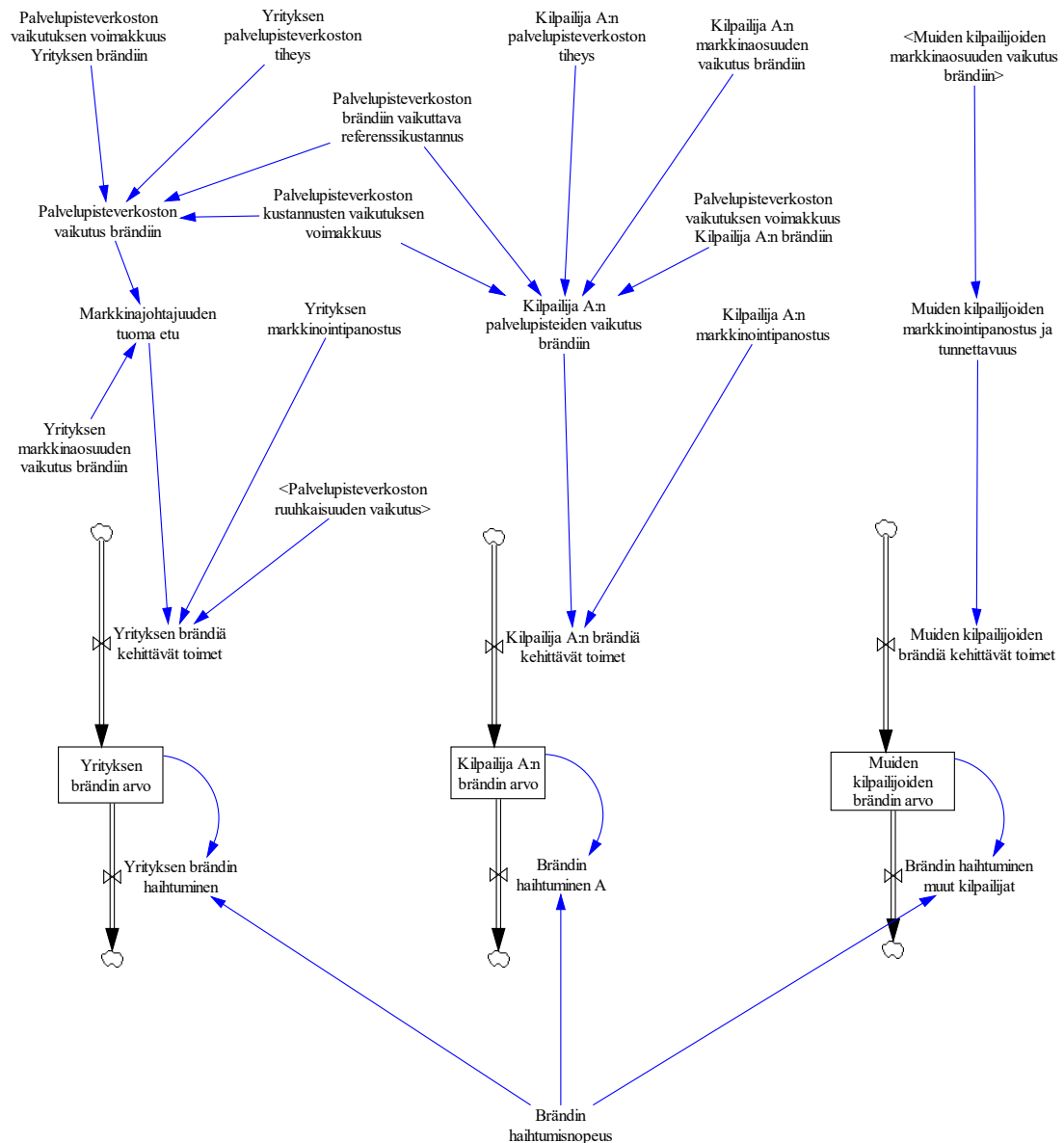
Palvelupisteverkoston mallissa arvioitiin myös pisteiden ruuhkaisuutta ja kuluttajien keskimääräistä jonotusaikaa pisteissä. Mallissa oletettiin pitkän jonotusajan johtavan viiveellä brändin arvon eroosioon. Parametrien valinta perustui Yrityksen tekemiin kuluttajakyselyihin kuluttajien palvelukokemuksista ja sen itse keräämästä datasta omien pisteiden ruuhkaisuudesta.

Siinä missä palvelupisteet mahdollistavat pakettivirran ja sen mukanaan tuoman tulon ne tuottavat myös kustannuksia niitä ylläpitäville yrityksille. Kustannukset voidaan jakaa karkeasti muuttuviin ja kiinteisiin kustannuksiin. Kiinteitä kustannuksia ovat mm. kiinteistöjen kustannukset, palkat, yhteistyökumppaneille maksettavat kiinteät korvaukset ja markkinointikustannukset. Muuttuvat kustannukset seuraavat pakettien määriä esim. yhteistyökumppaneille maksettavien pakettikohtaisten korvausten muodossa. Yksi palvelupistetyyppi tuottaa pelkästään kiinteitä kustannuksia riippumatta sen läpi virtaavien pakettien määrästä, ja muut tyypit tuottavat molempia vaihtelevissa suhteissa.

Palvelupisteet tuottavat myös tuloja muiden paketteihin liittyvien ja liittymättömien oheistuotteiden myynnin muodossa.

4.1.5 Kuljetusyritysten brändi ja markkinointi

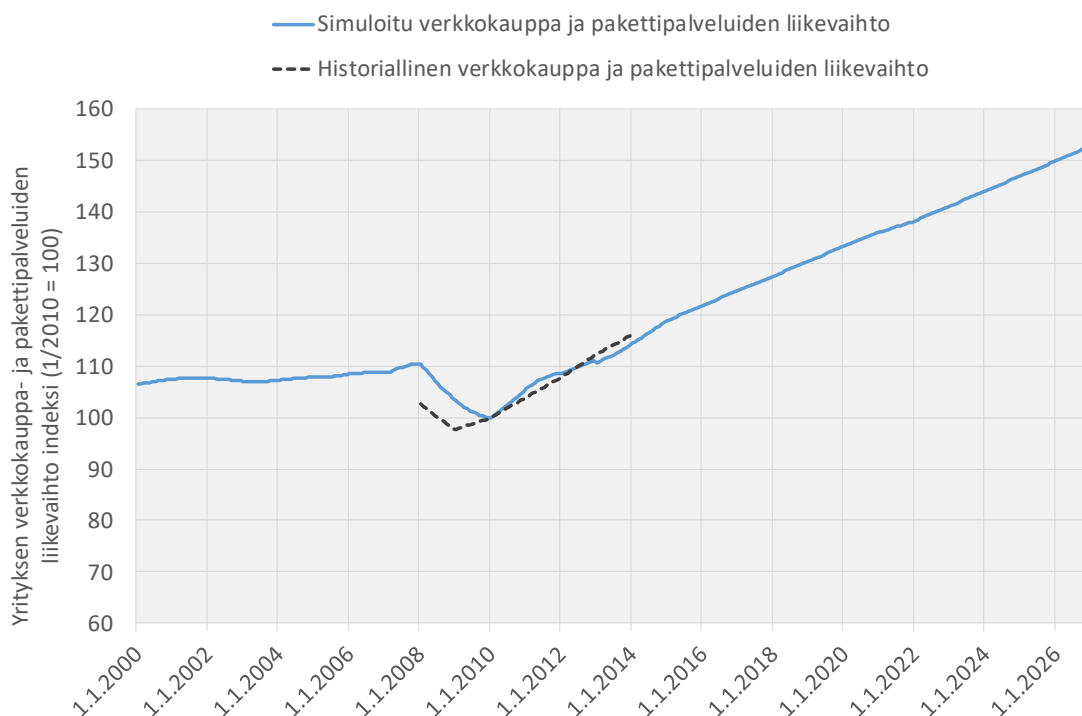
STE:llä ei ollut aiempaa kokemusta brändin mallintamisesta kuluttajaliiketoiminnassa. Lähtökohtana mallin rakenteelle käytettiin Oliva et al. (2003) Amazon.com:ille tekemää työtä, jossa mallinnettiin verkkokauppojen markkinaosuuksia. Kuvassa 4.6 on kuvattu tässä työssä käytettyä rakennetta brändin mallintamiseen.



Kuva 4.6. Yritysten brändiin mallissa vaikuttavat tekijät.

4.1.6 Yrityksen liikevaihto ja kustannukset

Yrityksen talous mallinnettiin rakenteellisesti mahdollisimman lähelle sitä, miten se oli Yrityksen taloushallinnossakin. Tämä mahdollisti mallin toiminnan vertaamisen Yritykseltä saatuun todelliseen dataan. Toisaalta taloudelliset tulokset olivat myös Yrityksen johdon tuntemassa muodossa. Kuvassa 4.7 on esitetty mallin tuottama Yrityksen liikevaihdon kehittyminen perusskenaariossa ilman optimointia.



Kuva 4.7. Yrityksen historiallinen ja simuloitu liikevaihto pakettipalveluiden osalta.

4.1.7 Optimoinnin hallinta ja muut syöttömuuttujat

Optimointia varten malliin oli kehitettävä oma rakenne, jossa optimoitavia muuttujia ja niihin liittyviä parametreja voitiin hallita. Optimoinnissa palvelupisteiden määrien ja pakettituotteiden hintojen annettiin muuttua etsittäessä taloudellisesti kannattavimpia yhdistelmiä. Varsinaisiksi optimoitaviksi muuttujiksi valittiin palvelupisteiden lukumäärien ja hintojen muutosnopeudet. Tämä mahdollisti useiden käytännönrajoitteiden huomioon ottamisen optimoinnissa. Optimoinnin toteuttaminen ja siihen liittyvät rajoitteet on kuvattu tarkemmin luvussa 5.

4.2 Keskeiset takaisinkytkennät ja vipuvarsikohdat

Monimutkaisissa systeemeissä, joissa on takaisinkytkentöjä, voidaan usein identifioida muuttujia, joilla on suuri vaikutus systeemin käytökseen ja muuttujia joilla on siihen vain vähäinen vaikutus. Systeemin vipuvarsikohdilla (engl. leverage point) tarkoitetaan niitä

muuttujia, joihin vaikuttamalla voidaan muuttaa systeemin tilaa haluttuun suuntaan. Meadows & Wright:n (2008) mukaan asiantuntijoilla on usein hyvä käsitys siitä, mitkä systeemin vipuvarsikohdat ovat, mutta he pyrkivät usein muuttamaan niitä väärään suuntaan. Matemaattinen mallinnus antaa työkalun, jolla vipuvarsikohtia voidaan löytää ja oikean suuruiset ja oikean aikaiset toimenpiteet identifioida.

Tässä systeemissä keskeisiksi liiketulokseen vaikuttaviksi takaisinkytkennöiksi havaittiin markkinaosuus niin kotialueen packageissa kuin alueen ulkopuolelta tulevissa packageissa. Voimakkain vipuvarsikohta, jolla markkinaosuuteen voidaan vaikuttaa, on yrityksen palvelupisteverkoston kattavuus. Se vaikuttaa yritysten markkinaosuuksiin sekä suoraan että epäsuorasti kasvattamalla yrityksen tunnettavuutta. Alueen ulkopuolelta tulevien lähetysten markkinaosuus ei suoraan liity kuluttajien valintaan, koska kuluttajat eivät yleensä pysty valitsemaan käytettyä kuljetusyritystä alueen ulkopuolelta tilattaessa. Alueen ulkopuolisten lähetysten jakaantuminen eri kuljetusyrityksille riippuu kuljetusyritysten ja alueen ulkopuolisten verkkokauppojen tekemistä sopimuksista. Verkkokaupat suosivat kuitenkin niitä kuljetusyrityksiä, joilla on suuri verkoston kattavuus, markkinaosuus ja tunnettavuus kotialueella. Täten verkoston kattavuudella on suoria ja epäsuoria vaikutusreittejä niin kotialueen kuin alueen ulkopuoleltakin tulevaan verkkokauppaan.

Mallia voitiin hyödyntää identifioimalla myös oletettujen vipuvarsikohtien vaikuttavuutta. Tehtiin esimerkiksi havainto, että kuluttajille suunnatun markkinoinnin vaikuttavuus yrityksen markkinaosuuteen ja tunnettavuuteen oli vaatimatonta. Mallin antamien tulosten perusteella voitiin väittää, että markkinointiin suunnatut resurssit tuottavat paremman tuloksen, jos ne suunnataan palvelupisteverkoston kasvattamiseen.

4.3 Mallin parametrit

Käytännössä kaikissa malleissa on parametreja, ja useimmissa todellisia systeemeitä kuvaavissa malleissa niitä voi olla suuriakin määriä. Tässä mallissa parametreiksi luokiteltavia muuttujia oli lähes 300 kappaletta. Koska mallin tulisi edustaa todellista systeemiä mahdollisimman tarkasti, on myös parametrien pohjaututtava todelliseen systeemiin siinä määrin kuin se on mahdollista. STE:n mallinnusprosessissa parametrit valitaan seuraavan priorisoinnin mukaisesti:

1. Suoraan parametrasta saatuun todelliseen dataan perustuen,
2. asiantuntijoiden lausuntoon ja toisesta vastaavasta systeemistä saatuun dataan perustuen tai
3. asiantuntijoiden lausuntoon ja optimoinnilla haettuun arvoon perustuen siten, että valitulla parametrin arvolla muut mallin osat tuottavat käytännönläheisen ja historiallisen datan kanssa linjassa olevan tuloksen.

Mallin herkkyyttä parametrien muutoksille arvioitaessa Forrester (1969) kehottaa pohtimaan kolmea kysymystä:

1. Vaikuttaako parametri joko systeemin kasvuun, stabiilisuuteen tai tasapainotilan ehtoihin?
2. Voiko sitä ohjata?
3. Vaikuttaako muutos parametrissa siihen, miten muut parametrit tai rakenteet vaikuttavat mallissa?

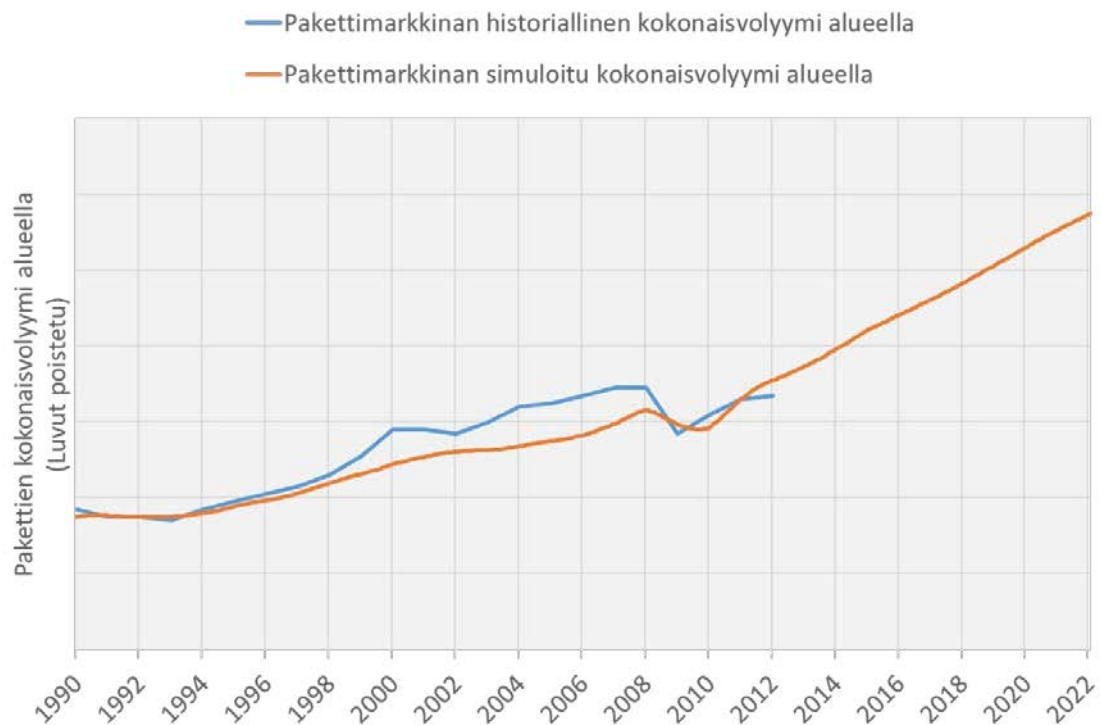
Ensimmäisen ryhmän tapauksessa vain harvat parametrit vaikuttavat oleellisesti systeemin käyttöön. Toisen ryhmän parametreista kiinnostavimpia ovat ne jotka vaikuttavat systeemiin ja joita voidaan ohjata. Kolmannen ryhmän parametreissa tulisi tutkia sitä, miten ne vaikuttavat löydetyn ratkaisun oikeellisuuteen. Mikäli suositeltu ratkaisu parantaa tilannetta nykyisestä parametrin arvosta riippumatta pysyy suositus voimassa.

4.4 Mallin hyvyiden ja pätevyysalueen arviointi

Tässä kappaleessa arvioidaan mallin toimintaa ja sen käyttökelpoisuutta siihen tarkoitukseen mihin se on rakennettu. Yleinen tapa tutkia matemaattisen mallin hyvyttä on verrata kuinka hyvin sen tuottama simulaatio selittää kuvattavan systeemin historiallisen mitatun käytöksen. Tutkittaessa on myös otettava huomioon se, millaisia asioita mallin halutaan kertovan. Mallia, joka ennustaa systeemin tilaa seuraavassa kuussa tai mallia, joka selittää kymmenen vuoden käytöstä on STE:n kokemuksen perusteella arvioitava eri kriteerien avulla. Ensimmäisessä tapauksessa pyritään painottamaan mallin pistetarkkuutta ja toisessa tapauksessa sitä, miten hyvin malli selittää systeemin käännepesteet. STE:n kokemuksen mukaan usein käy myös niin, että todellisten monimutkaisten käytännön järjestelmien historiallinen mitattu data on ristiriitaista. Eri tahot tuottavat eri menetelmillä ja eri frekvensseillä kerättyä dataa eivätkä näennäisesti samaa asiaa mittaavien tutkimusten tulokset välttämättä ole aina linjassa keskenään. Näissä tapauksissa on pyrittävä priorisoimaan data luotettavuuden ja soveltuvuuden mukaan.

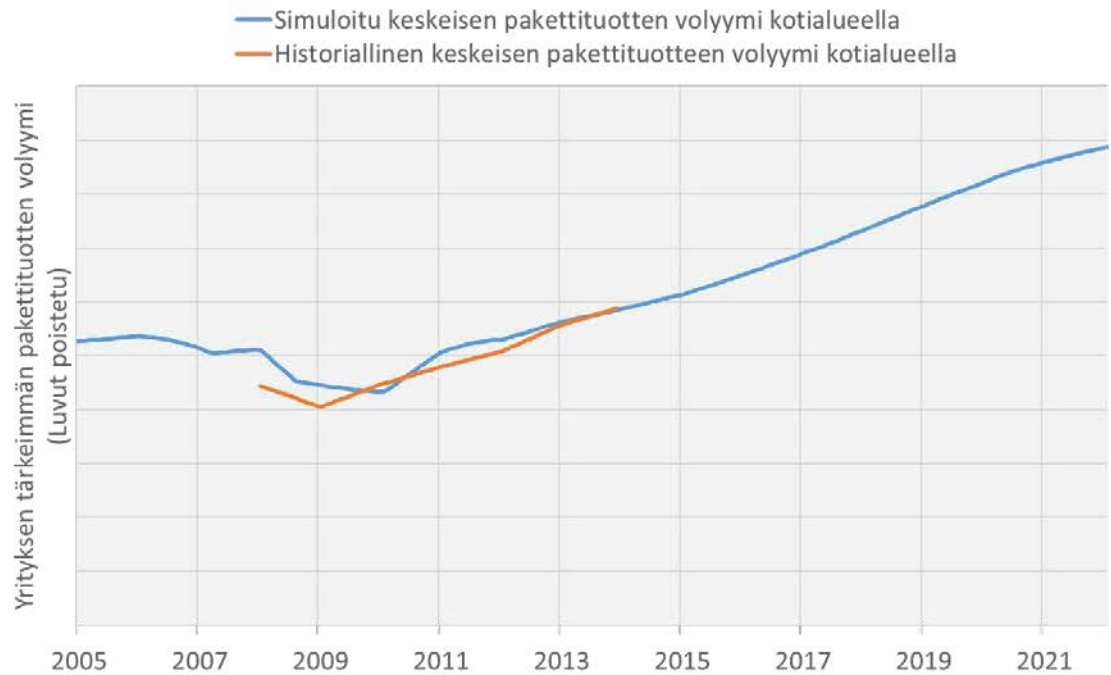
4.4.1 Mallin numeeriset ja visuaaliset hyvyyden mittarit

Kuvassa 4.8 kuvattu historiallinen pakettien kokonaisvolyyymi alueella sekä mallin tuottama simulaatio. Yrityksen BI-osasto piti tätä kolmannen osapuolen tekemää vuosittaista tutkimusta pakettien volyymistä eräänä luotettavimmista koko markkinaa kuvaavista mittauksista. Pakettien volyymin arvellaan kasvavan tarkasteluvälin loppuun asti. Tämä johtuu käytetystä kansantalouden kasvuennusteesta ja siitä, että verkkokauppaa käyttävien kuluttajien osuuden oletetaan edelleen kasvavan.



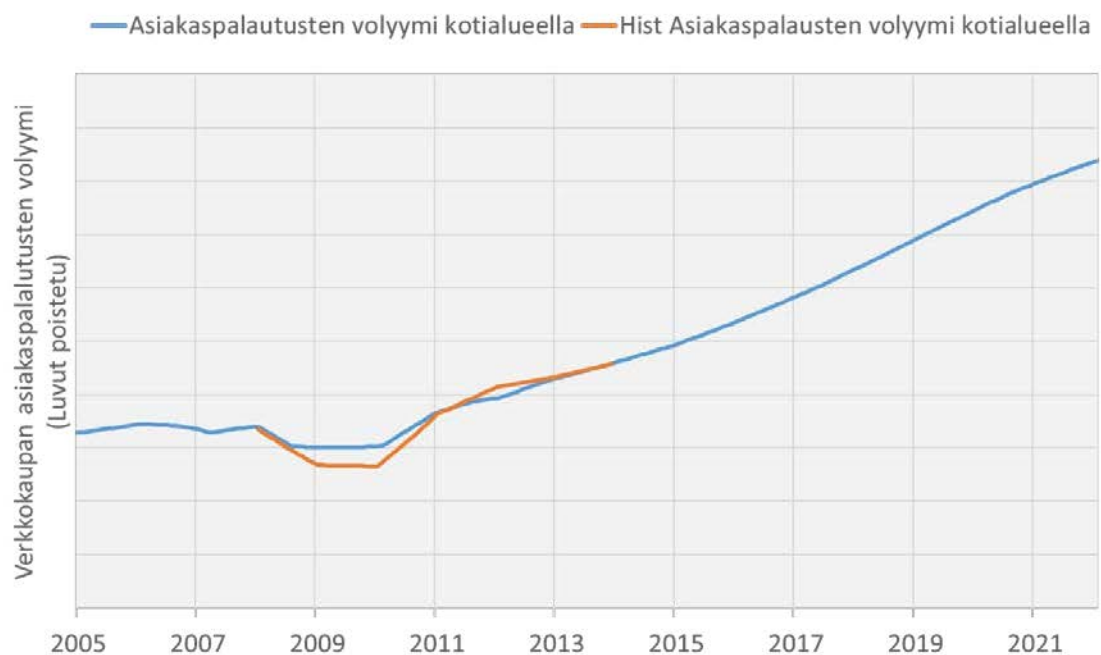
Kuva 4.8. Historiallinen ja simuloitu pakettien kokonaisvolyyymi alueella.

Luotettavimmiksi datan lähteiksi arvioitiin Yrityksen omat historialliset pakettivolyymit, ja toisaalta niiden tulevaa käytöstä mallilla pyrittiin selittämään. Kuvassa 4.9 on esitetty yrityksen keskeisen, verkkokauppojen yleisimmin käyttämän pakettituotteen historiallinen ja simuloitu käytös.



Kuva 4.9. Historiallinen ja simuloitu keskeisen pakettituotteen volyymi.

Kuvassa 4.10 on esitetty verkkokauppoihin palautettujen tuotteiden tuottamien asiakaspalautusten historiallinen ja simuloitu volyymi. Koska verkkokaupan ja Yrityksen omien pakettivolyymien kehittyminen on työn keskiössä, nämä sarjat priorisoitiin korkealle mallin parametreja viritettäessä.



Kuva 4.10. Historiallinen ja simuloitu asiakaspalautusten volyymi.

Taulukoissa 4.1 ja 4.2 on laskettu Stermanin esittämiä yleisiä numeerisia mittareita mallin hyvyydelle. Historiallinen data oli suurimmalta osin saatavilla vain vuosikeskiarvoina, jolloin mielekkäintä on tarkastella historiallista vastaavuutta nimenomaan samalla ajallisella resoluutiolla. Toisaalta mallin aika-askeleen on oltava merkittävästi tätä lyhyempi, ja malli tuottaa kuukausikeskiarvoista simuloitua dataa. Vertailun vuoksi vastaavat tunnusluvut on laskettu myös interpoloimalla tuotetulle kuukausikeskiarvoiselle historialliselle datalle ja mallin simulaatiolle. Tulosta voidaan pitää suuntaa-antavana erityisesti tapauksissa, joissa Yrityksen asiantuntijat ovat kertoneet markkinan käytöksen olleen tasaisista vuosipisteiden välillä.

Taulukko 4.1. Mallin hyvyyden numeeriset mittarit: selitysaste R^2 , siihen liittyvä P-arvo, MAE ja MAPE.

Muuttuja	Data	Resoluutio	N	R^2	P-Value	MAE	MAPE
Verkkokaupan euromääräinen kasvu alueella	1998-2012	kk	169	0.96	0.000	125149899.4	13.1 %
		v	15	0.96	0.000	121471933.3	12.9 %
Verkkokaupan euromääräinen kasvu alueella painottaen viimeistä kuutta vuotta	2007-2012	kk	61	0.98	0.000	37930491.8	2.6 %
		v	6	0.98	0.000	34190000	2.4 %
Pakettimarkkinan kokonaisvolyymi alueella	1990-2012	kk	265	0.90	0.000	4271476.73	7.2 %
		v	23	0.89	0.000	4374813.043	7.5 %
Yrityksen liikevaihto	2008-2014	kk	169	0.96	0.000	125149899.4	13.1 %
		v	8	0.83	0.002	4124250	2.5 %
Keskeiseen pakettituotteen volyymi Yrityksen verkostossa	2008-2012	kk	72	0.90	0.000	396613.4722	4.3 %
		v	6	0.74	0.021	565453.3333	6.5 %
Asiakaspalautusten volyymi yrityksen verkostossa	2008-2012	kk	72	0.98	0.000	29409.65278	4.9 %
		v	6	0.97	0.002	33198.5	5.7 %

Taulukko 4.2. Mallin hyvyyden numeeriset mittarit: MAE/Mean, MSE, (R)MSE ja MSE:n jako komponentteihin (Theil's inequality statistics).

Muuttuja	Data	Resoluutio	MAE/Mean	MSE	(R)MSE	Theil's UM	Theil's US	Theil's UC
Verkkokaupan euromääräinen kasvu alueella	1998-2012	kk	11.3 %	2.349E+16	153268738	0.41	0.34	0.25
		v	11.1 %	2.313E+16	152077605	0.38	0.30	0.32
Verkkokaupan euromääräinen kasvu alueella painottaen viimeistä kuutta vuotta	2007-2012	kk	2.6 %	2.084E+15	45650377	0.69	0.00	0.31
		v	2.3 %	2.493E+15	49934522	0.46	0.01	0.53
Pakettimarkkinan kokonaisvolyyymi alueella	1990-2012	kk	8.3 %	3.123E+13	5588197.7	0.49	0.12	0.39
		v	7.2 %	3.169E+13	5629062.2	0.43	0.09	0.48
Yrityksen liikevaihto	2008-2014	kk	11.3 %	2.349E+16	153268738	0.41	0.34	0.25
		v	1.5 %	7.029E+13	8383952.7	0.01	0.31	0.67
Keskeiseen pakettituotteen volyyymi Yrityksen verkostossa	2008-2012	kk	4.1 %	2.544E+11	504384.97	0.49	0.05	0.47
		v	6.0 %	4.988E+11	706245.58	0.48	0.01	0.51
Asiakaspalautusten volyyymi yrityksen verkostossa	2008-2012	kk	4.2 %	1.468E+09	38314.89	0.18	0.58	0.24
		v	4.9 %	1.965E+09	44324.614	0.17	0.64	0.18

Mallin tuottamat historialliset selitysasteet taulukoissa 4.1 ja 4.2 ovat melko suuret ja niihin liittyvät P-arvot pienet. Toisaalta useimmat muuttujat ovat kasvaneet mitatun historian aikana tasaisesti eikä käännepeisteitä useissa tapauksissa ole enempää kuin yksi. Prosentuaaliset keskivirheet (MAPE) ovat hyväksyttävällä tasolla ottaen huomioon mallin pitkän ennustehorisontin ja tarkoituksen. Taulukon 4.2 Theilin MSE:n hajotelman tunnuslukujen voidaan todeta jakautuneen melko tasaisesti siten, että mikään yksittäinen virhelähde ei ole ylliedustettuna. Trendi (US) on parhaiten kohdallaan keskimääräisellä kertoimella 0.23 ja bias (UM) sekä syklisyyden vaihe-ero (UC) saavat keskimäärin saman kertoimen 0.38.

4.4.2 Mallin käytännönläheisyys

Sterman kehottaa pohtimaan myös mallin käytännönläheisyyttä. Tässä kappaleessa on arvioitu mallia hänen esittämiensä kysymysten kautta (ks. kappale 2.2). Mallin tarkoituksena oli vastata kysymyksiin siitä, miten pakettimarkkina tulee kymmenen vuoden horisontilla käyttäytymään, miten Yrityksen päätökset voivat markkinan käyttöön vaikuttaa.

taa ja mitkä ovat Yrityksen kannalta taloudellisesti tehokkaimmat toimet palvelupisteverkoston ja hinnoittelun osalta. Tätä tarkoitusta vasten arvioituna useita relevantteja tekijöitä jouduttiin jättämään mallin ulkopuolelle projektin laajuuden puitteissa. Näitä olivat mm. yleinen talouskasvu ja alueen ulkopuolisten verkkokauppojen markkinaosuus. Nämä asiat huomioitiin skenaarioina. Sellaisia asioita joita ei huomioitu ja joilla saattaa silti olla oleellinen vaikutus markkinan toimintaan ovat. mm. muutokset lainsäädännössä ja uuden suuren kilpailijan tulo markkinoille.

Fyysiseltä rakenteeltaan malli vastaa hyvin todellista systeemiä. Malli säilyttää hyvin fyysisen ja taloudellisen massataseen. Varastot ja virtaukset kuvaavat todellisia varastoja ja virtauksia eikä malli voi mennä ristiriitaiseen tilaan kuten saada negatiivisia varastojen arvoja. Mallinnuksessa käytettiin myös merkittävästi aikaa rajoitteiden kuten varastojen fyysisen tilan ja lainsäädännön asettamien rajoitteiden huomioimiseen. Malli voidaan tulkita olevan myös kausaalinen eli päätöksissä ei käytetä tietoa joka ei ole päätöksentekijöiden saatavilla.

Malli on varsin robusti niiden sisääntulojen osalta, jotka mallissa on huomioitu. Herkkyyttä parametrien vaihtelulle on tutkittu taulukossa 4.3. Keskimäärin yksittäisten parametrien muutosten liikevaihtoon aiheuttama vaihtelu on alle 10% varsinaisen parametrin muutoksen suuruudesta.

Taulukko 4.3. Parametrien herkkyyden tarkastelu.

Parametri	Muutos perusarvosta	Vaikutus Yrityksen liikevaihtoon
	[%]	[%]
Brändin vaikuttavuus	10 %	0.60 %
	-10 %	-0.60 %
Palvelupisteverkoston muutoksen vaikuttavuus	10 %	-0.11 %
	-10 %	0.11 %
Verkkokaupan houkuttelevuus verrattuna kivijalkakauppaan	10 %	1.28 %
	-10 %	-1.59 %
Toimituksen suhteellisen hintaeron vaikutus markkinaosuuteen	10 %	0.56 %
	-10 %	-0.56 %
Alueen ulkopuolisten verkkokauppojen markkinaosuus	10 %	2.57 %
	-10 %	-2.58 %
Talouden kasvunopeus	10 %	0.59 %
	-10 %	-0.59 %

4.4.3 Mallin virheettömyys

Vaikka mallit pyritään rakentamaan mahdollisimman virheettömiksi ei virheettömyyttä voida monimutkaisessa mallissa taata. Virheet voidaan jakaa karkeasti kahteen luokkaan: mallin rakenteen virheet ja virheet laskentakaavoissa. STE:n kokemuksen perusteella mallin rakenteellisia virheitä on usein vaikeampi havaita kuin laskennan virheitä. Siinä missä laskennan virhe voi olla väärä etumerkki, saattaa mallin virhe olla puuttuva vaikutusmekanismi, jota mallintajat ja asiantuntijat eivät ole tulleet ajatelleeksi. Molemmissa tapauksissa virheiden löytämiseen voidaan käyttää samoja menetelmiä. Mallin rakennetta käydään läpi mallintajien kesken ja myös asiantuntijoiden kanssa. Mallilla ajetaan skenaarioita ja tulosten käytännönläheisyyttä arvioidaan yhdessä asiantuntijoiden kanssa. Tämän mallinnusprojektin puitteissa keskusteluita mallin toimintaan ja tuloksiin liittyen oli Yrityksen henkilöstön kanssa yli 10 ja STE:n sisäisiä katselmuksia kymmeniä. Optimointi osoittautui tehokkaaksi tavaksi löytää niin rakenteen kuin laskennankin virheitä mallissa. Ensimmäiset optimointiajot johtivat tuloksiin, jotka olivat selkeästi ristiriidassa käytännön kanssa. Kulkemalla mallin syy-seurausketjua pitkin tuloksesta taaksepäin pystyttiin identifioimaan ja korjaamaan useita virheitä niin mallin yhtälöissä kuin rakenteesakin.

4.5 Laajuus

Projektin tavoitteena oli mallintaa pakettimarkkinan toiminnan ja yrityksen kannattavuuden osalta tärkeimmät muuttujat. Osa systeemiin liittyvistä muuttujista jouduttiin kuitenkin jättämään mallin ulkopuolelle. Malliin ei otettu mukaan niitä muuttujia, joiden katsottiin vaikuttavan vain vähän tai ei lainkaan ja muuttujat, joiden mallintaminen ei projektin puitteissa ollut mahdollista. Esimerkki tämänkaltaisesta muuttujasta on markkina-alueen bruttokansantuotteen kasvunopeus. Mallin ulkopuolelle jouduttiin jättämään myös kilpailijoiden päätökset verkoston kehittämisestä ja hinnoittelusta. Mallin ulkopuolelle jätettyjen tärkeiden muuttujien vaikutus pyrittiin huomioimaan ajamalla skenaarioita muuttujien eri arvoilla.

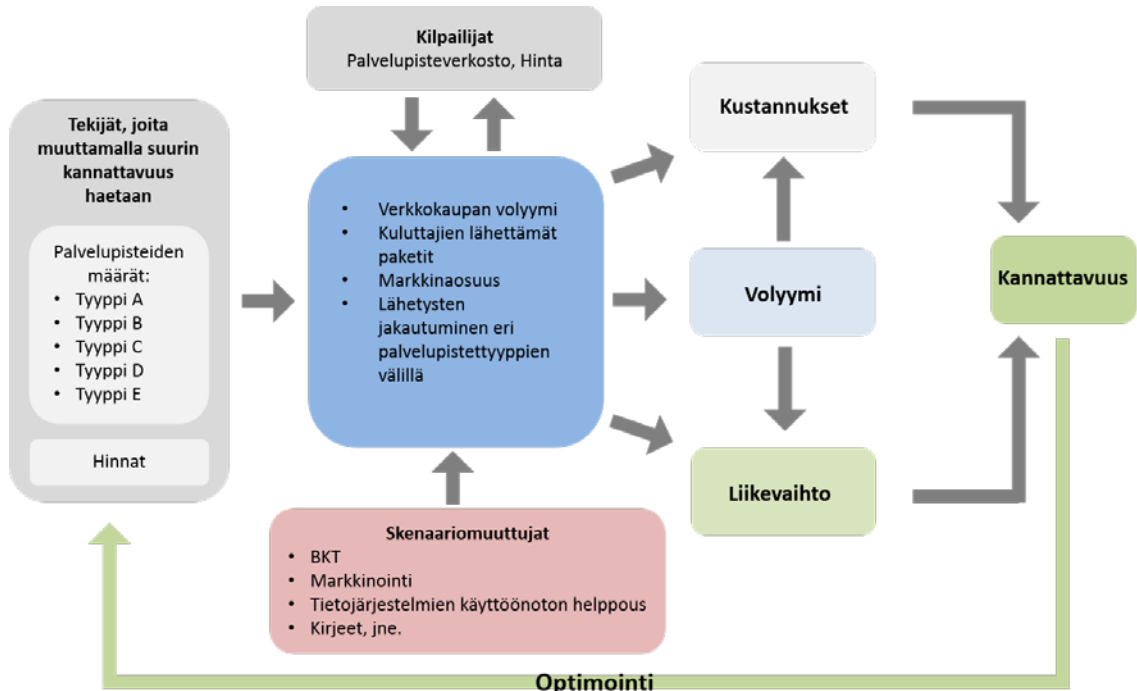
Mallin viimeisimmässä versiossa on yhteensä noin 1400 muuttujaa. 737 laskentamuuttujaa, 35 taulukkomuuttujaa, 90 varastomuuttujaa, 300 vakioarvoista parametria ja 223 ulkoista aikasarjamuuttujaa, joista suurin osa on historiallista dataa.

5 Optimointi ja tulokset

Työn keskeisin tavoite oli kehittää koneisto, jolla palvelupisteverkostolle voidaan löytää taloudellisesti kannattavimmat palvelupisteiden määrät ja tyypit. Tarkoitusta varten kehitettiin edellisessä luvussa kuvattu matemaattinen malli. Tässä luvussa kuvataan sitä, miten optimointi toteutettiin ja millaisia tuloksia sen avulla saatiin.

5.1 Optimoinnin toteuttaminen

Optimointi toteutettiin Vensim-ohjelmiston sisäänrakennetulla optimointityökalulla. Käytännössä optimointi ajoi kuvassa 5.1 esitetyllä rakenteella kymmeniä tuhansia simulaatioita, joissa kokeiltiin eri palvelupisteiden määrien ja hinnoittelupäätösten vaikutuksia Yrityksen kannattavuuteen. Optimoinnin päätyttyä parhaan kannattavuuden tuottaneet päätökset sekä niiden tuottama markkinaennuste tallennettiin.

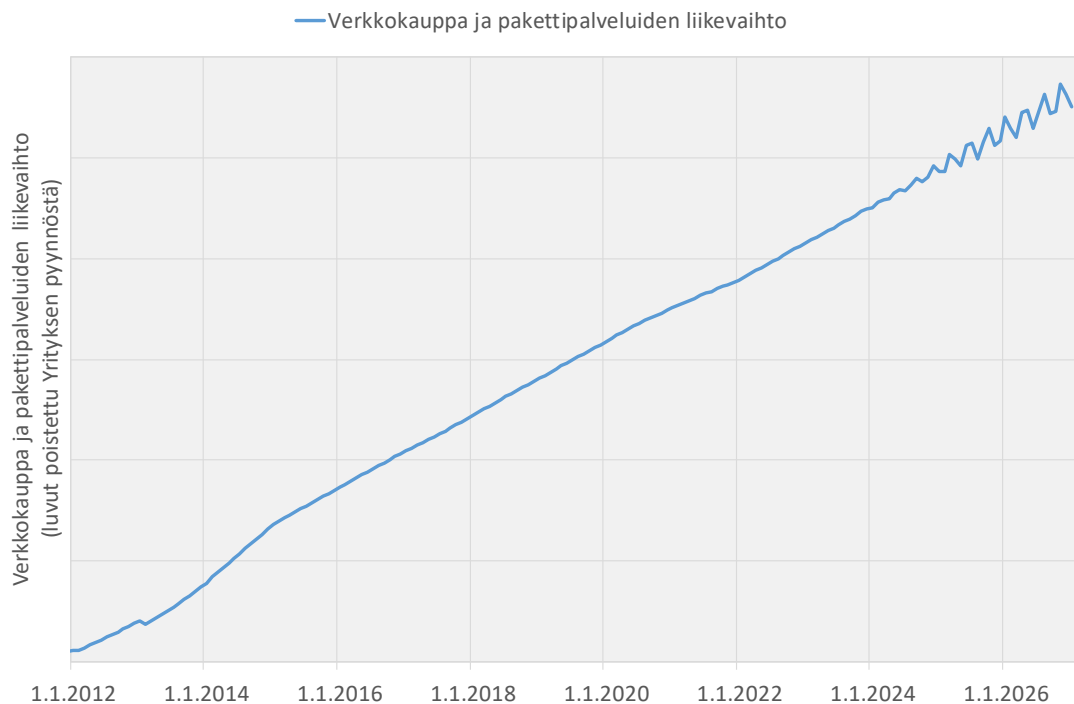


Kuva 5.1. Optimointikoneiston rakenteen yleiskuvaus

5.1.1 Optimointialgoritmi

Optimointialgoritmina käytettiin Powellin menetelmää lokaalin maksimin löytämiseksi. Globaalin maksimin löytämiseksi Powellin menetelmän käyttämä alkupiste arvottiin, etsittiin lokaali maksimi ja arvottiin alkupiste uudelleen niin kauan kuin aikaa oli käytettävissä. Optimointiaikoina kokeiltiin 15 min, 30 min, 1 tunti, 2 tuntia, 8 tuntia ja 64 tuntia. Havaittiin, että järjestelmän löytämä tulos parani keskimäärin 2 tuntiin asti, jonka jälkeen se ei enää juurikaan parantunut. Taetta siitä, että suurin globaali maksimi olisi löydetty ei kuitenkaan voida käytännössä antaa.

Tyypillinen aika-askel, jota malli normaalisti käytti oli 0.00833 eli noin 3 päivää vuoden ollessa mallissa 1. Tarvittavan optimointiajan rajoittamiseksi mallin aika-askelta kasvatettiin 150% arvoon 0.020833 eli 7.6 päivään kunnes malli alkoi värähdellä eli muuttua epästabiiliksi (katso kuva 5.2).



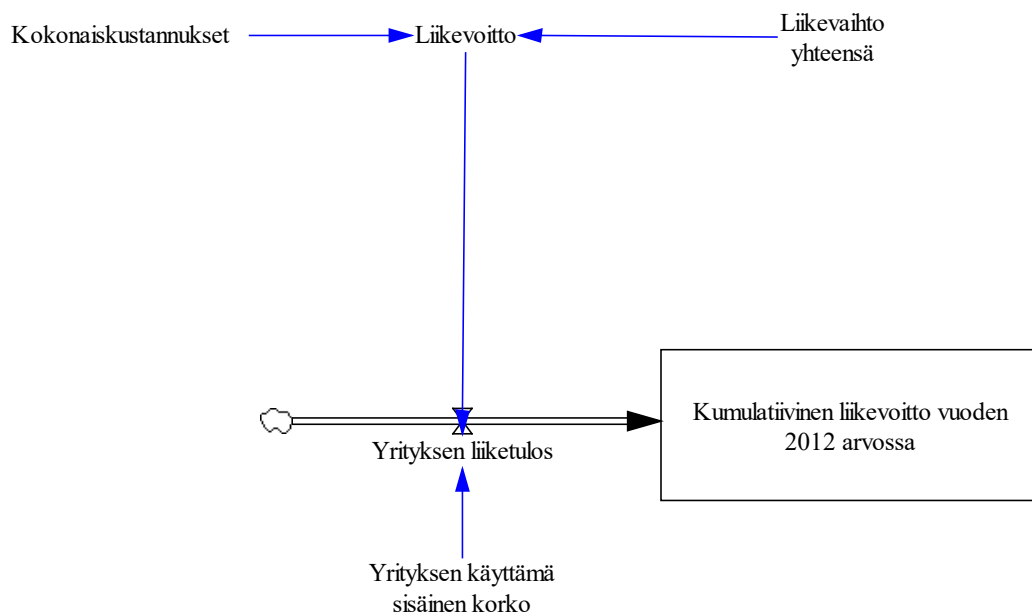
Kuva 5.2. Värähtelyn ilmeneminen mallin aika-askelta pidennettäessä.

5.1.2 Optimoinnin aikahorisontti

Optimoinnit tehtiin 15 vuoden aikahorisontilla, vaikka tavoite oli optimoida seuraavien 10 vuoden palvelupisteverkosto. Tämän ja aiempien STE:n optimointitöiden yhteydessä oli havaittu, että optimointi ajaa systeemin usein käytännön kannalta epätoivottuun tilaan aikahorisontin lopun lähestyessä. Tässä tapauksessa kannattavuuden optimointi tuotti tuloksen, jossa ennen aikahorisontin loppua optimointi pyrki ajamaan palvelupisteverkoston alas ja hinnan korkeaksi. Tämä johti käytännössä siihen, että markkinaosuus romahti juuri ennen optimoinnin loppua. Vaikka se tuottikin parhaan taloudellisen tuloksen optimoidulle aikavälille, ei tarkoituksena ollut ajaa Yrityksen liiketoimintaa alas. Eri optimointiaikoja kokeiltiin ja havaittiin, että horisontin pidentäminen 15 vuoteen esti mallia ajautumasta käytännönvastaiseen tulokseen ajojen ensimmäisten 10 vuoden aikana.

5.1.3 Optimoinnin kustannusfunktio

Optimoinnin tavoitteena oli maksimoida Yrityksen kumulatiivista liikevoittoa seuraavien 10 vuoden aikana. Mallin kannalta se oli integraali Yrityksen hetkellisestä kannattavuudesta eli tulojen ja menojen erotuksesta, kuten on esitetty kuvassa 5.3.



Kuva 5.3. Optimoinnissa maksimoitava tavoitemuuttuja.

Tulot koostuvat paketti- ja muiden logistiikkaan liittyvien palveluiden myynnistä. Pakettivolyymi, hinnoittelu, markkinaosuus ja palvelupisteverkoston tiheys ja rakenne ovat tulojen keskeisiä ajureita. Menot johtuvat palvelupisteverkostosta, pakettivolyymistä ja logistiikasta, markkinoinnista ja muista tukipalveluista aiheutuvista kuluista. Yrityksen valinnat siis vaikuttavat merkittävästi tulojen sekä menojen kehittymiseen.

Optimoitavan liikutuloksen laskemiseen oli myös lisättävä erinäisiä sakkofunktioita, jotka kuvastivat todellisen järjestelmän rajoitteita, mutta eivät olleet osa Yrityksen taloudellista kirjanpitoa. Tämänkaltaisia rajoitteita olivat mm. tietyt lainsäädännön määräykset palvelupisteverkoston vähimmäistiheydestä tai tietyt palvelupistetyyppejä ylläpitävien yrittäjien kannattavuus. Mikäli pakettivirta näiden yritysten verkossa putoaisi liian pieneksi, Yritys joutuisi korottamaan niille maksettua korvauksia. Sakot perustuivat havaintoon, jossa optimointi tuotti parempia tuloksia silloin, kun em. epätoivotut tilanteet huomioitiin kustannusfunktiossa sakkoina eikä estetty mallissa muilla kovilla rajoitteilla.

5.1.4 Ohjausmuuttujat

Useimmissa optimoinneissa vapausasteita oli 15-18. Vapausasteet olivat viiden eri palvelupistetyypin määrien muutosnopeudet ja pakettien hinnat vuosille 2013, 2015 ja 2017. Jokaista vuotta ei optimoitu erikseen, koska vapausasteiden määrä ja siten laskentaan kuuluva aika olisivat käytännössä kasvaneet liian suuriksi. Tämä kuvasti myös Yrityksen mukaan todellista markkinaa, koska käytännön kannalta palvelupisteverkoston tiheyteen ei ole mahdollista tehdä kovin nopeita muutoksia. Mallin varhaisemmissa versioissa optimointi muutti suoraan palvelupisteiden määriä ja johti tuloksiin joissa määrät muuttuivat epärealistisen nopeasti. Käytännössä hitautta verkoston muutoksiin tulee mm. logistiikan suunnittelusta, sopimusten neuvotteluista, henkilöstön palkkaamisesta ja tilojen rakentamisesta.

5.2 Skenaariot

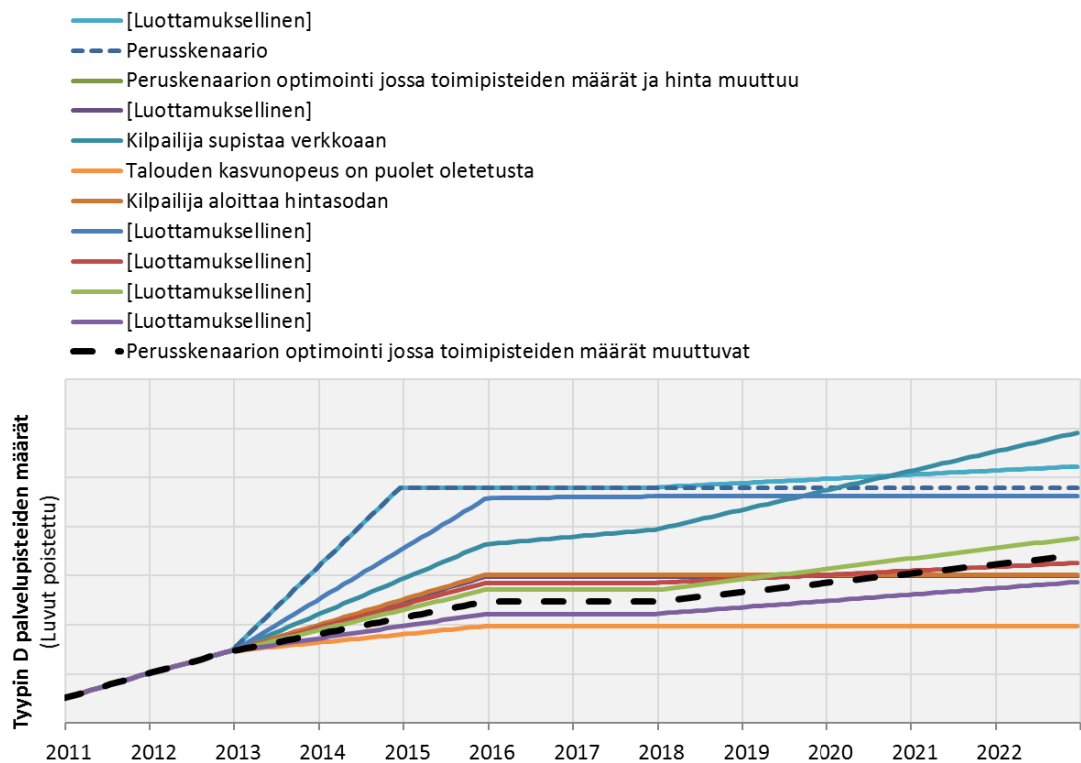
Lähtökohtana optimoinnille oli Yrityksen aiempi strategia palvelupisteverkoston kehittämiseksi. Tämä ”perusskenaario” muodosti vertailukohdan muille tuotetuille skenaarioille. Perusskenaariossa tehtiin myös oletuksia todennäköisimmistä mallin ulkoisten muuttujien kehityksestä kuten yleisestä talouden kasvusta ja alueen ulkopuolella olevien verkko kauppajien markkinaosuudesta. Perusskenaarion lisäksi kehitettiin useita vaihtoehtoisia skenaarioita joissa esimerkiksi talouden kasvunopeus muuttuu oletetusta tai kilpailija tekee normaalista poikkeavia hinnoittelua tai palvelupisteverkoston kattavuutta koskevia päätöksiä. Tärkeimmät skenaariot on esitetty taulukossa 5.1.

Taulukko 5.1. Lista tärkeimmistä kehitetyistä skenaarioista ja niiden suhteellisesta vaikutuksesta tulokseen verrattuna perusskenaarioon. Osaa skenaarioiden nimistä ei voida näyttää luottamuksellisuuden vuoksi.

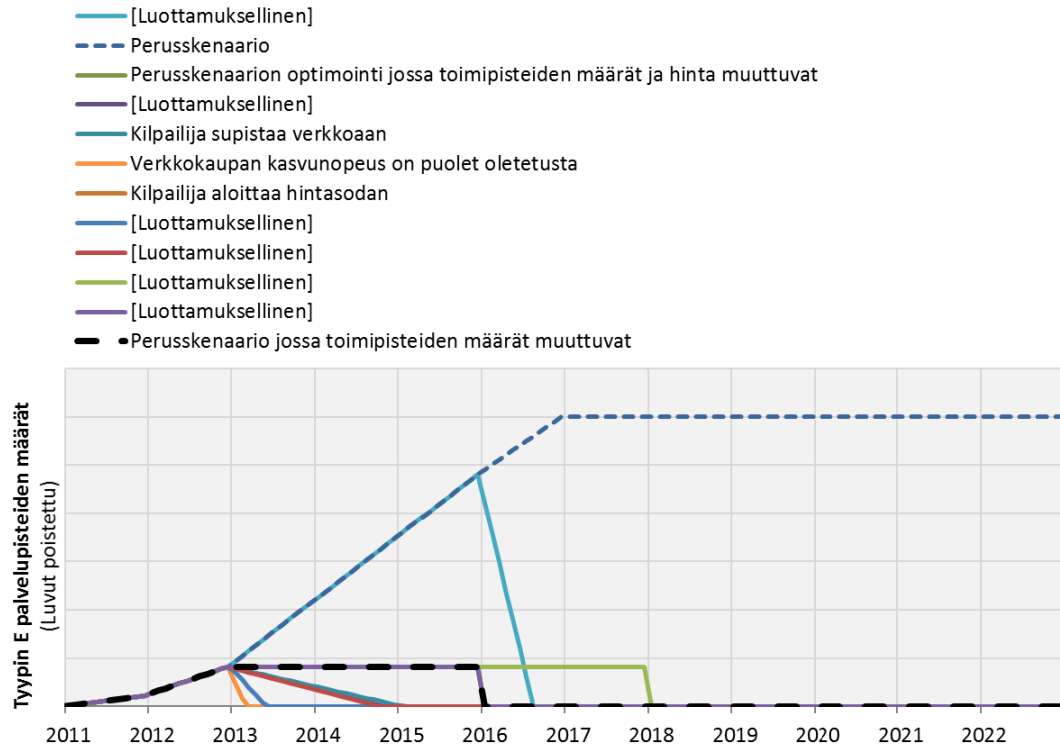
Skenaario	Kumulatiivinen voitto 2013- 2022	Kannattavuuden muutos 2013- 2022	Kannattavuuden muutos / vuosi	Kannattavuuden suhteellinen muutos verrattuna perusskenaarioon
	[milj. €]	[milj. €]	[milj. €]	[%]
Perusskenaario	-	-	-	0 %
Optimointi, jossa palvelupisteiden määrät muuttuvat	-	-	-	7 %
Optimointi, jossa palvelupisteiden määrät ja hinta muuttuu	-	-	-	10 %
[Luottamuksellinen]	-	-	-	6 %
Optimointi, jossa kilpailija supistaa verkostoaan. Palvelupisteiden määrät muuttuvat ja hinta pysyy vakiona.	-	-	-	14 %
[Luottamuksellinen]	-	-	-	5 %
Optimointi, jossa kilpailija aloittaa hintasodan. Palvelupisteiden määrät muuttuvat ja hinta pysyy vakiona.	-	-	-	-10 %
[Luottamuksellinen]	-	-	-	6 %
[Luottamuksellinen]	-	-	-	7 %
[Luottamuksellinen]	-	-	-	6 %
Optimointi, jossa talouden kasvunopeus on puolet oletetusta. Palvelupisteiden määrät muuttuvat ja hinta pysyy vakiona.	-	-	-	-14 %
[Luottamuksellinen]	-	-	-	14 %
[Luottamuksellinen]	-	-	-	-4 %

5.3 Optimoinnin tulokset

Optimointi itsessään antoi tuloksen kannattavimmista palvelupisteiden määristä ja hinnoista Vensimissä tiedostomuodossa. Tämä tulos muutettiin yleisten taulukkolaskentaohjelmien käyttämään .csv muotoon jota voitiin käsitellä MS Excelillä. Vensimin tuottama tietomäärä oli verrattain suuri. Se sisälsi mallin jokaisen muuttujan arvon jokaisen kuukauden ajalta eli noin 1300 kertaa 500 datapistettä. Toisaalta vain pieni osa tästä tiedosta oli tarkastelun kannalta kiinnostavaa. Oleellisia tietoja olivat mm. palvelupisteiden ja hintojen optimaaliset arvot kussakin skenaariossa sekä niihin liittyvä liikevaihdon, kustannusten, markkinaosuuden ja palvelupisteiden päivittäisen pakettien luovutusmäärän kehittyminen. Alla olevissa kuvissa 5.4., 5.5., 5.6. ja 5.7. kuvataan optimoinnin tuloksena saatuja eri palvelupisteiden määriä.

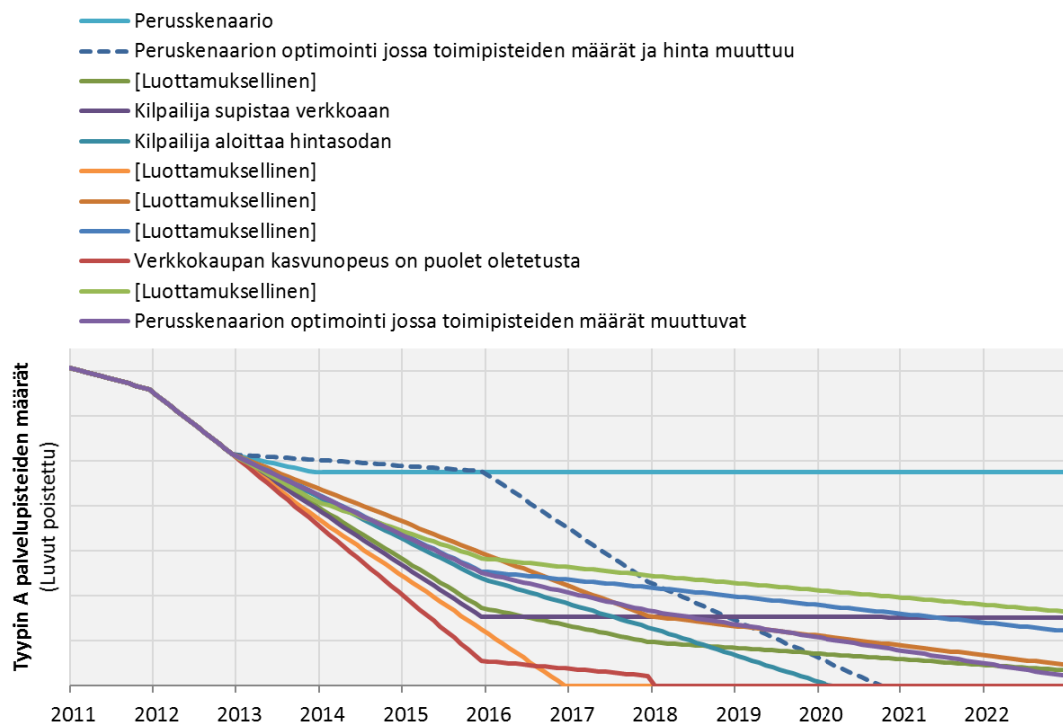


Kuva 5.4. Tyypin D palvelupisteiden optimoidut määrät.

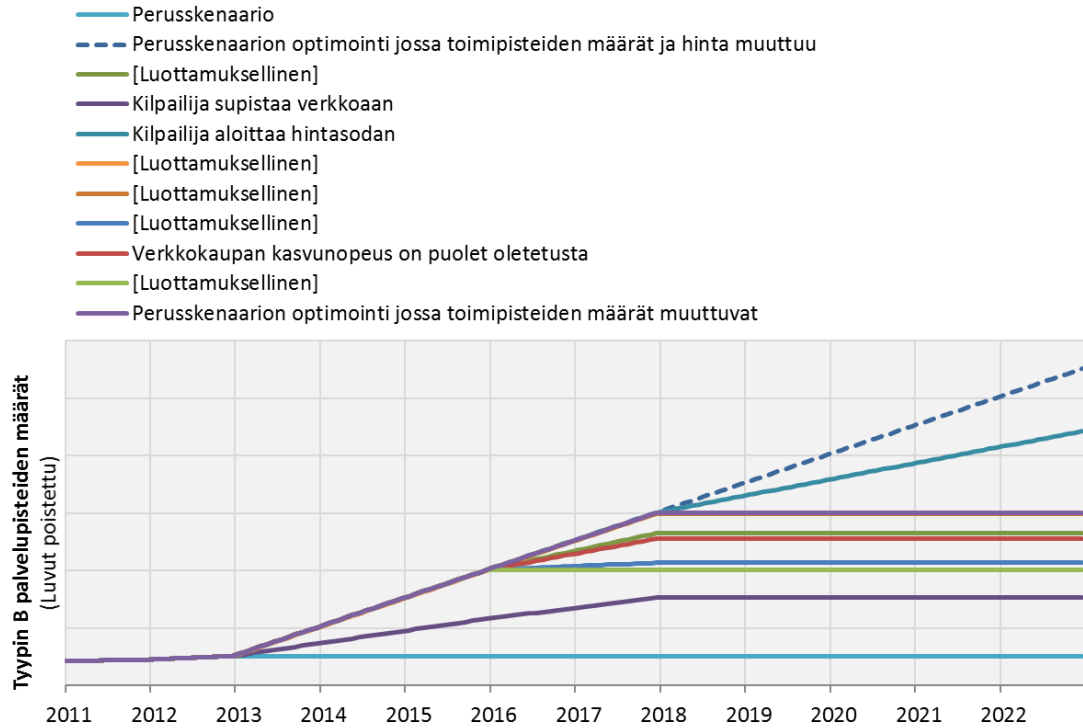


Kuva 5.5. Tyypin E palvelupisteiden optimoidut määrät.

Optimointi pyrkii ajamaan tyypin E palvelupisteet useimmissa skenaarioissa alas mahdollisimman nopeasti.

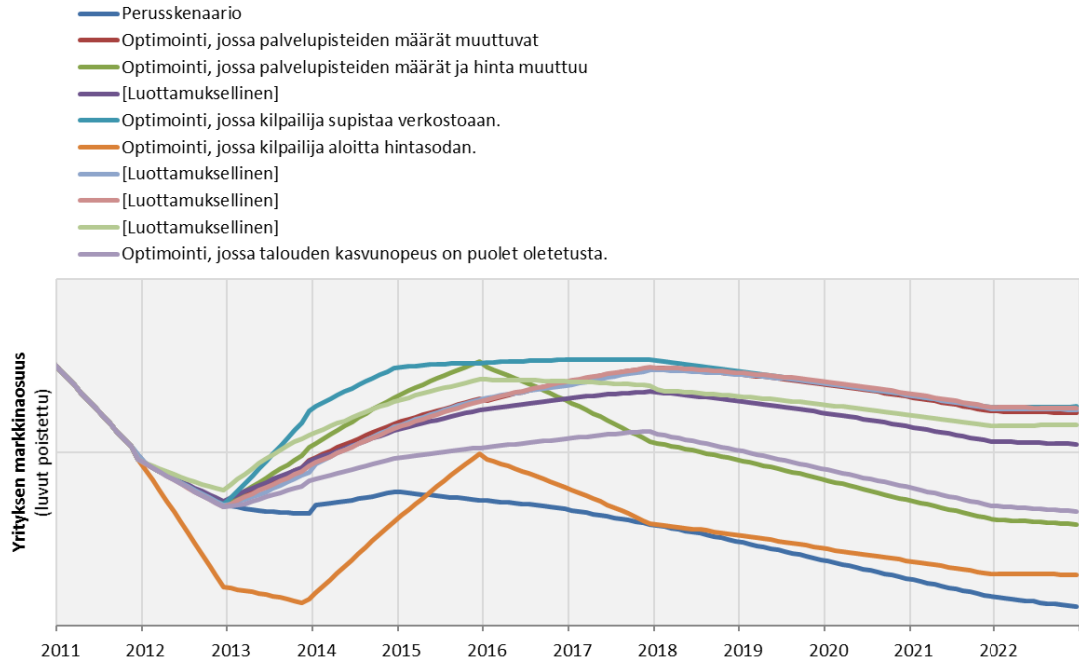


Kuva 5.6. Tyypin A palvelupisteiden optimoidut määrät.



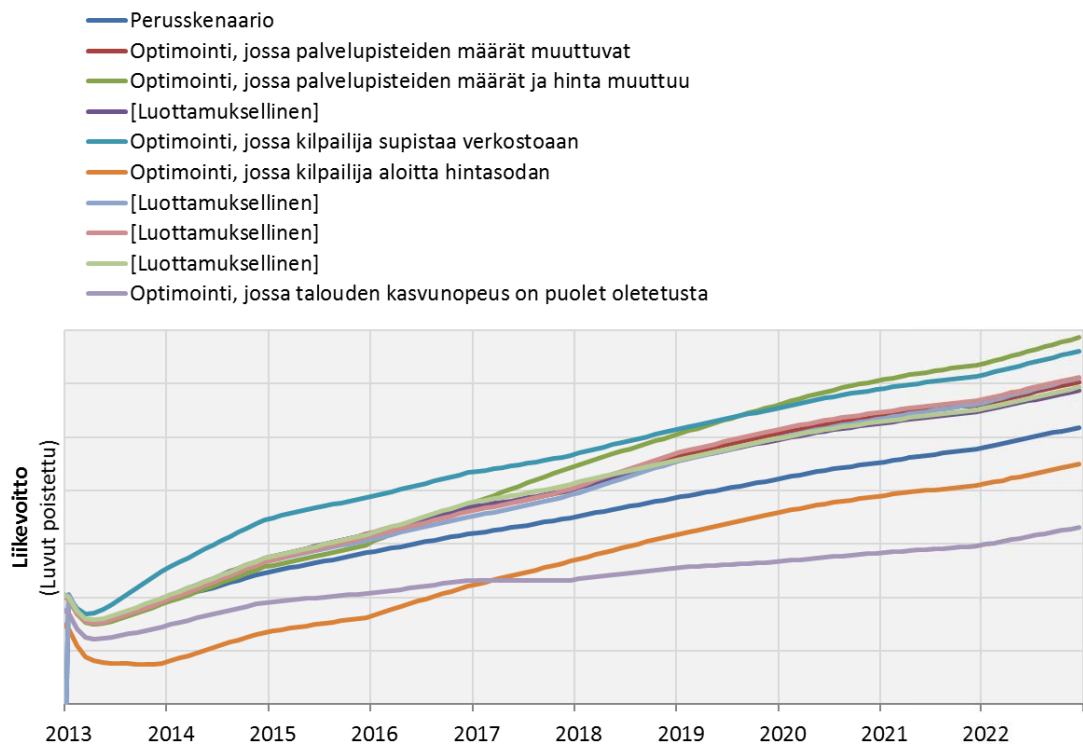
Kuva 5.7. Tyypin B palvelupisteiden optimoidut määrät.

Optimoinnin tuottamia tuloksia voidaan pitää varsin robusteina, koska optimointi suosittaa lähes kaikissa skenaarioissa samansuuntaisia muutoksia nykytilasta palvelupisteiden määrien muutoksen suhteen. Verkoston kehittäminen optimoinnin suosittelemaan suuntaan näyttäisi siis tuottavan käytännössä järkevän tuloksen, vaikka skenaarioiden taustalla olevat oletukset olisivat osittain vääriä. Optimoiduilla verkoston palvelupisteiden määrillä ja hinnoittelulla saavutetut markkinaosuus ja liikevoitto on esitetty kuvissa 5.8 ja 5.9.



Kuva 5.8. Yrityksen markkinaosuuden kehittyminen eri optimoiduissa skenaarioissa.

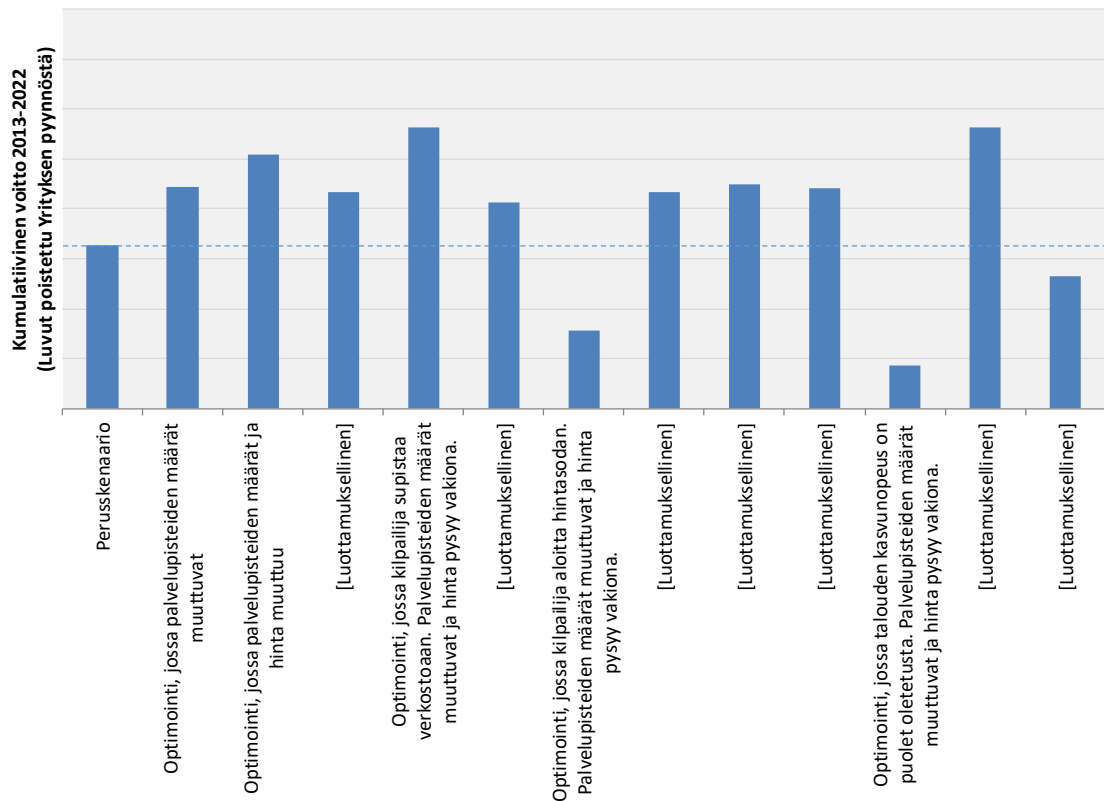
Optimointi pyrkii lyhyellä aikavälillä kasvattamaan markkinaosuutta ja pitkällä aikavälillä kasvattamaan voittoa hyväksyen maltillisen markkinaosuuden menetyksen.



Kuva 5.9. Liikevoiton kehittyminen eri optimoiduissa skenaarioissa.

5.4 Suositukset

Optimointien tuloksia ja eri skenaarioita vertailtaessa lähtökohdaksi otettiin asiakkaan aiemmin tekemä suunnitelma palvelupisteverkoston kehittämiseksi. Vertailukohtana oleva perusskenaario on toteutettu ajamalla malli asiakkaan suunnittelemissa luvuilla ilman optimointia. Muissa skenaarioissa palvelupisteverkoston tiheys ja rakenne, sekä joissakin tapauksissa pakettien hinta olivat vapautettuina optimoinnille (katso kuva 5.10). Optimoinnilla pystyttiin parantamaan alkuperäisen suunnitelman tuottamaa tulosta parhaimmillaan 10%. Parannus johtui säästetyistä kustannuksista, kasvaneesta markkinaosuudesta, liikevaihdosta ja tehokkaammasta hinnoittelusta.



Kuva 5.10. Optimoitujen skenaarioiden kannattavuuden vertailu.

Erään skenaarion suositeltua verkostoa ja niiden pohjalta laskettua taloudellista tulosta vuosittain kuvaavat tiedot on esitetty taulukossa 5.2.

Taulukko 5.2. Esimerkki eräästä tuloksesta, jossa palvelupisteiden lukumäärät on optimoitu. Luvut muutettu tai indeksoitu.

Vuosi	Palvelupisteet					Markkina			Taloudellinen tulos		
	Tyyppi A	Tyyppi B	Tyyppi C	Tyyppi D	Tyyppi E	Markkinaosuus	Keskeisen pakettituotten volyymi	Tyyppi D:n pakettien volyymi	Liikevaihto	Kustannukset	Liikevoitto
	[kpl]	[kpl]	[kpl]	[kpl]	[kpl]	[indeksi]	[indeksi]	[indeksi]	[indeksi]	[indeksi]	[indeksi]
2012	155	803	541	263	78	100	100	100	100	100	100
2013	128	963	711	324	78	107	109	203	100	101	95
2014	102	1123	881	384	78	114	124	385	101	101	106
2015	75	1283	1051	444	78	119	138	531	102	101	112
2016	63	1442	1221	444	0	124	148	653	103	102	119
2017	50	1601	1391	444	0	129	160	689	104	102	124
2018	41	1601	1516	479	0	131	171	739	104	102	132
2019	33	1601	1641	513	0	133	178	801	105	103	138
2020	24	1601	1767	547	0	134	185	857	105	103	143
2021	15	1601	1892	581	0	135	188	904	106	103	146
2022	7	1601	2017	615	0	136	192	953	106	103	151
									Yhteensä 2013-2022:		-
									Ero perus strategiaan:		8 %

Kaikissa skenaarioissa toistuu yhteinen teema: heikompikeitteisiä palvelupisteitä lopetetaan ja korvataan tiheämmällä ja paremmin markkinaosuutta tukevalla verkostolla. Tyyppin D palvelupisteet kannattaa kaikissa tilanteissa säilyttää, mutta verkoston rauhallinen nostaminen nykyiseltä tasolta riittää. Tyyppin E palvelupisteet eivät konseptina näytä saavan riittävää volyymiä saavuttaakseen kannattavuutta Yrityksen tai asiamiesyrityksen kannalta ja pisteiden määrää ei kannata nostaa nykyiseltä tasolta. Markkinoinnin lisäämiseen käytetyt resurssit eivät maksa itseään takaisin. Tehokkaampaa on käyttää ne palvelupisteverkoston tihentämiseen. Jos kilpailijat nostavat hintojaan, on kannattavuuden osalta parempi nostaa hintaa mukana kuin pitää matalaa hintaa markkinaosuuden saavuttamiseksi. Hinnan laskeminen nykyisestä ei ole kannattavaa, vaikka markkinaosuutta saataisiin lisää.

6 Yhteenveto ja johtopäätökset

Tämä raportti kuvasi palvelupisteverkoston optimointityökalun kehittämisen pakettiliiketoimintaa harjoittavalle yritykselle. Työn tavoitteena oli ymmärtää pakettimarkkinan dynamiikka ja siihen liittyvien sidosryhmien päätöksenteko sekä muodostaa tämän tiedon valossa systeemiä kuvaava matemaattinen malli. Mallin piti kyetä ennustamaan pakettimarkkinan käytöstä vähintään 10 vuotta eteenpäin. Ennustavaa mallia hyödynnettiin optimointikoneiston rakentamisessa, jolla etsittiin asiakkaalle kustannustehokkainta palvelupisteverkostoa ja hinnoittelukäytäntöä.

Asiakkaan tavoitteet voitiin jakaa kolmeen osaan. Ensimmäisenä osana oli tukea pakettimarkkinan volyymin kasvua tulevaisuudessa tukemalla verkkokaupan kehittymistä riittävällä ja korkealaatuisella palvelupisteverkostolla. Toisena osana oli kehittää Yrityksen omaa kilpailukykyä suhteessa samalla markkinalla toimiviin kilpailijoihin ja sitä kautta varmistaa vahva markkinaosuus ja pakettivolyymien kasvu omassa verkostossa. Kolmantena osana oli saavuttaa ensimmäisen ja toisen osan tavoitteet mahdollisimman kustannustehokkaasti. Asiakkaalta saadun palautteen mukaan tavoitteet saavutettiin. Tehdyn työn ansiosta asiakkaalla on nyt käytössään uutta tietoa markkinan toiminnasta ja työkalu toimenpiteiden dynaamisten vaikutusten arvioimiseen.

Systeemidynamiikan voidaan katsoa soveltuneen hyvin ongelman ratkaisemiseen. Menetelmä toi projektiin kaksi keskeistä etua. Ensimmäinen oli menetelmän kyky hahmottaa ja ymmärtää monimutkaisten kokonaisuuksien toimintaa. Pakettimarkkina oli sidosryhmineen varsin kompleksinen systeemi ja rakennetusta mallista tuli varsin laaja. Asiakas antoi projektin jälkeen ymmärtää, että STE oli ensimmäinen toimittaja, joka oli pystynyt rakentamaan kokonaisuutta kuvaavan kattavan mallin.

Toinen etu oli tulosten hyvä kommunikoitavuus. Systeemidynamiikalla kehitetyt mallit ovat rakenteellisia, syy-seuraussuhteiden varaan rakennettuja kokonaisuuksia. Tästä taustasta johtuen mallin rakenne on helppo selittää asiakkaan asiantuntijoille, vaikka heillä ei olisi teknistä tai matemaattista kokemusta. Samasta syystä myös tulosten kommunikointi on helppoa. Malli ja kausaalidiagrammit antavat suoraan syy-seurausketjuihin perustuvan argumentaation mallin tuottamalle tulokselle. Tällä on käytännön liiketoiminnan kannalta suuri merkitys. Asiakkailta saadun palautteen mukaan heillä on huomattavasti varmempi

olo toimia mallin suositusten ja ennusteiden mukaisesti, kun he ymmärtävät miten malli toimii, miten tulokseen on päästy ja ovat mallin kanssa yhtä mieltä.

Lähdeluettelo

Kirjalliset lähteet

Borschev, A. & Filippov, A. (2004). From System Dynamics and Discrete Event to Practical Agent Based Modeling: Reasons, Techniques, Tools. The 22nd International Conference of the System Dynamics Society. July 25 – 29, 2004. Oxford, England.

Ford, D. & Sterman, J. (1998). Expert Knowledge Elicitation for Improving Mental and Formal Models. System Dynamics Review. Volume 14:4. S. 309-340.

Forrester, J. (1961). Industrial Dynamics. Boston, USA: MIT Press. 484 s. ISBN 978-1-61-427533-6.

Forrester, J. (1969). Urban Dynamics. Boston, USA: MIT Press. 285 s. ISBN 978-0-26-206026-4.

Forrester, J. (1980). Information Sources for Modeling the National Economy. Journal of the American Statistical Association. Volume 75:371. S. 555-566.

Forrester, J. (2003). Economic Theory for the New Millenium. International System Dynamics Conference. New York, July 21.

Kahneman, D. (2011). Thinking, Fast and Slow. USA: Farrar, Straus and Giroux. 499 s. ISBN 978-0374275631.

Lyneis, J. (2000). System dynamics for market forecasting and structural analysis. System Dynamics Review. Volume 16:1. S. 3-25.

Meadows, D. & Wright, D. (2008). Thinking in Systems: A Primer. 240 s. USA: Chelsea Green Publishing Company. ISBN 978-1-60358-055-7.

Oliva, R. & Sterman, J. D. & Giese, M. (2003). Limits to growth in the new economy: exploring the ‘get big fast’ strategy in e-commerce. *System Dynamics Review*. Volume 19:2. S. 83-117. Print ISSN: 0883-7066. Online ISSN: 1099-1727. DOI: 10.1002/sdr.271.

Sterman, J. (1984). Appropriate summary statistics for evaluating the historical fit of system dynamics models. *Dynamica*. Volume 10:2. S. 51-66.

Sterman, J. D. (2000). *Business Dynamics: Systems Thinking and Modeling for a Complex World*. Boston, USA: Irwin McGraw-Hill. 982 s. ISBN 978-0-07-231135-8.

Sykes, A. O. (1993). *An Introduction to Regression Analysis*. Inaugural Course Lecture. University of Chicago Law School, USA.

Haastattelut

Noin 20 asiakkaan asiantuntijaa. Asiakkaan pyynnöstä henkilöitä ei nimetä. (2012, 2013). Useita positioita eri liiketoiminta-alueilta. Useita projektiin liittyviä keskusteluita vuosina 2012 ja 2013.

Neljän alueella toimivan verkkokaupan asiantuntijoita. Asiakkaan pyynnöstä henkilöitä tai yrityksiä ei nimetä. (2012). Toimitus- tai myyntijohtajia.

Perkola, M. (2010-2016). Omistaja. Systems Thinking Europe Oy. Tietäjäntie 13, 02130 Espoo. Lukuisia menetelmään ja projektiin liittyviä keskusteluita vuosien 2010 ja 2016 välillä.